știința învinge



IMRE TÓTH

STELE, ATOMI, OAMENI

EDITURA TINERETULUI



Nr. 58

COLECȚIA „ȘTIINȚA ÎNVINGE"

IMRE TÓTH

STELE, ATOMI, OAMENI

O PAGINĂ DIN
ISTORIA ȘTIINȚEI
CONTEMPORANE

1958
EDITURA TINERETULUI

„Aşadar, ceea ce percepem numai pe calea ochilor este aproape nimic pe lîngă minunile pe care raţiunea le descoperă pe cer".

GALILEI

INTRODUCERE

Atomi şi stele: doi poli opuşi ai Universului. Cercetarea lor a purtat în sine, din toate timpurile, impulsuri şi implicaţii care se revărsau mult peste albia astronomiei, a chimiei sau a fizicii. Consecinţele pe care le purta în sine erau strîns legate de concepţia noastră generală despre natură, de imaginea filozofică a lumii, pe care şi-o ţese de veacuri omenirea.

In ultimile decenii, un aspect nou şi cu totul neaşteptat a apărut pe planul acestor implicaţii filozofice, o adevărată lovitură de teatru în învolburata dramă a cunoaşterii: joncţiunea celor doi poli opuşi ai cosmosului. S-a descoperit, şi cercetările ulterioare confirmă din ce în ce mai mult această idee, că particulele intime ale nucleului atomic şi nemăsuraţii giganţi care licăre pe firmament sînt mult mai strîns legaţi între ei decît se putea bănui vreodată. Secretele vieţii macrocosmului se lămuresc la lumina cercetării nucleului atomic, şi structura intimă a materiei, în măruntaiele ei intime, se explică cu ajutorul forţelor care guvernează corpurile cereşti. Mai mult, cosmosul devine un instrument practic în cercetarea nucleului, oferind omului faci-

litățile unui adevărat laborator nuclear — și prezintă totodată omenirii imaginea naturală a unor procese nucleare, pe care ea le realizează pe pămînt, urmînd tocmai exemplul modelului cosmic.

Poate nicăieri interdependența, condiționarea reciprocă și interacțiunile complexe și multilaterale ale unor fenomene — în aparență atît de străine din punct de vedere al naturii lor, atît de îndepărtate pe scara dimensiunilor — nu s-au manifestat cu mai multă vigoare și forță de convingere și mai bogat în efective consecințe practice ca aici.

Și primul nostru scop este tocmai să valorificăm și să comunicăm aceste învățăminte recente, care susțin prin gigantica forță a succeselor ideea unității lumii, ideea unității forțelor naturii pretutindeni.

Celălalt scop pe care ni l-am propus este să prezentăm fidel reacțiile instrumentului fin al conștiinței umane la efectele și consecințele sociale, teoretice și practice ale progresului științei. Căci omul este adevăratul erou al științei. În el se încrucișează microcosmul și macrocosmul, el produce știința și știința se face pentru el. Și scopul cărții noastre este să prezinte sub acest aspect dublu eforturile omului de a păși mai sus pe scara ascensiunii materiale, intelectuale și morale. Căci știința nu servește numai bunăstarea materială a omenirii. Datorită respectului pe care contemplarea istoriei sale ni-l inspiră față de forța intelectului și față de demnitatea umană — știința devine în egală măsură un instrument al cizelării intelectuale și al înnobilării morale.

Și încă ceva. Încă o morală ce se desprinde și se impune cu o forță elementară din această fabulă a științei, pe care o prezentăm aici: știința este internațională. Internațională în dublu sens: ea este rezultatul, dar totodată și instrumentul colaborării oamenilor de știință din toate țările, de pe toate meridianele, și prin aceasta, firește, și unul din instrumentele întăririi legăturilor prietenești, a stimei

şi preţuirii reciproce între diversele popoare ale globului.

„În faţa mîinilor întinse nu există hotare" — *a spus Paul Eluard, nu mult înainte de a muri. Şi una din aceste mîini întinse este şi ştiinţa.*

IMRE TÓTH.

Bucureşti, ianuarie 1958

EXTREME

Stelele strălucitoare de pe cer sînt corpuri cosmice incandescente, de o mărime uriașă. Soarele este și el un asemenea corp incandescent, de aproximativ 1 300 000 de ori mai mare decît Pămîntul; masa lui depășește masa pămîntului de 330 000 de ori. Dar, Soarele nu este decît o stea de mărime mijlocie; există stele cu un volum de o mie și de o sută de mii de ori mai mare decît Soarele. Cele mai multe stele nu întrec însă ca mărime Soarele, decît de cinci pînă la zece ori.

Dar atomul?

Atomul se situează pe scara mărimilor la limita cealaltă, opusă, la polul dimensiunilor infime. Diametrul unui atom nu depășește a suta milioana parte dintr-un centimetru, iar nucleul lui este de o sută de mii de ori mai mic decît el. Ca să ne facem o idee mai clară despre mărimea atomului, amintim că raportul dintre dimensiunile nucleului atomic și un nasture de cămașă obișnuit poate fi comparat cu raportul dintre o farfurioară de dulceață și discul solar. Pentru a descompune în atomi un fir lung de 1 cm, acesta ar trebui să fie fragmentat în 100 de milioane de părți, iar un fir lung de un milion km, în 10 miliarde de miliarde. Aceste cifre sînt, după cum se vede, uriașe! Divizarea unui asemenea fir în atomi ar dura cca. 300 miliarde de ani, chiar dacă o operație de diviziune ar dura numai o secundă. Ar fi deci aproape imposibil ca în ase-

menea condiții să descompunem firul în atomi. În cazul, însă, cînd nu urmărim divizarea totală a firului în atomi, ci doar obținerea unui singur atom, este suficient să-l tăiem întîi în două părți și pe una din aceste jumătăți s-o fragmentăm apoi mereu în două, de cîte ori este nevoie. Dacă am diviza în acest fel un șir de atomi, lung de un milion de km, (un mărgean care ar înconjura Pămîntul la ecuator de 25 de ori), atunci la a 63-a operație de înjumătățire am ajunge la învelișul atomului. A 80-a divizare ar despica nucleul.

CONTROVERSE : FANTEZIE SAU REALITATE ?

Stelele de pe cer sînt direct accesibile ochilor noștri. Studiul corpurilor cerești a pornit de la contemplarea obiectelor astronomice pe calea simțurilor. Nu același lucru se poate spune însă despre atomi. Ei au fost identificați întîi nu de organele de simț, ci de rațiune. Pentru aceasta a fost nevoie de îndelungate meditații filozofice, apoi de calcule matematice complicate, și abia după aceea organele noastre de simț au putut confirma în mod nemijlocit existența lor fizică.

În exploatarea și cunoașterea macrocosmului și a microcosmului s-a pornit și în privința metodelor de cunoaștere de la doi poli opuși : experiența și rațiunea. Desigur, aceasta nu înseamnă nicidecum că la fondarea concepției atomiste rezultatele empirice nu au jucat un rol. El a fost însă atît de neînsemnat, încît în vremea noastră numai metodele subtile de cercetare ale paleontologiei ideilor sînt în stare să-l dovedească.

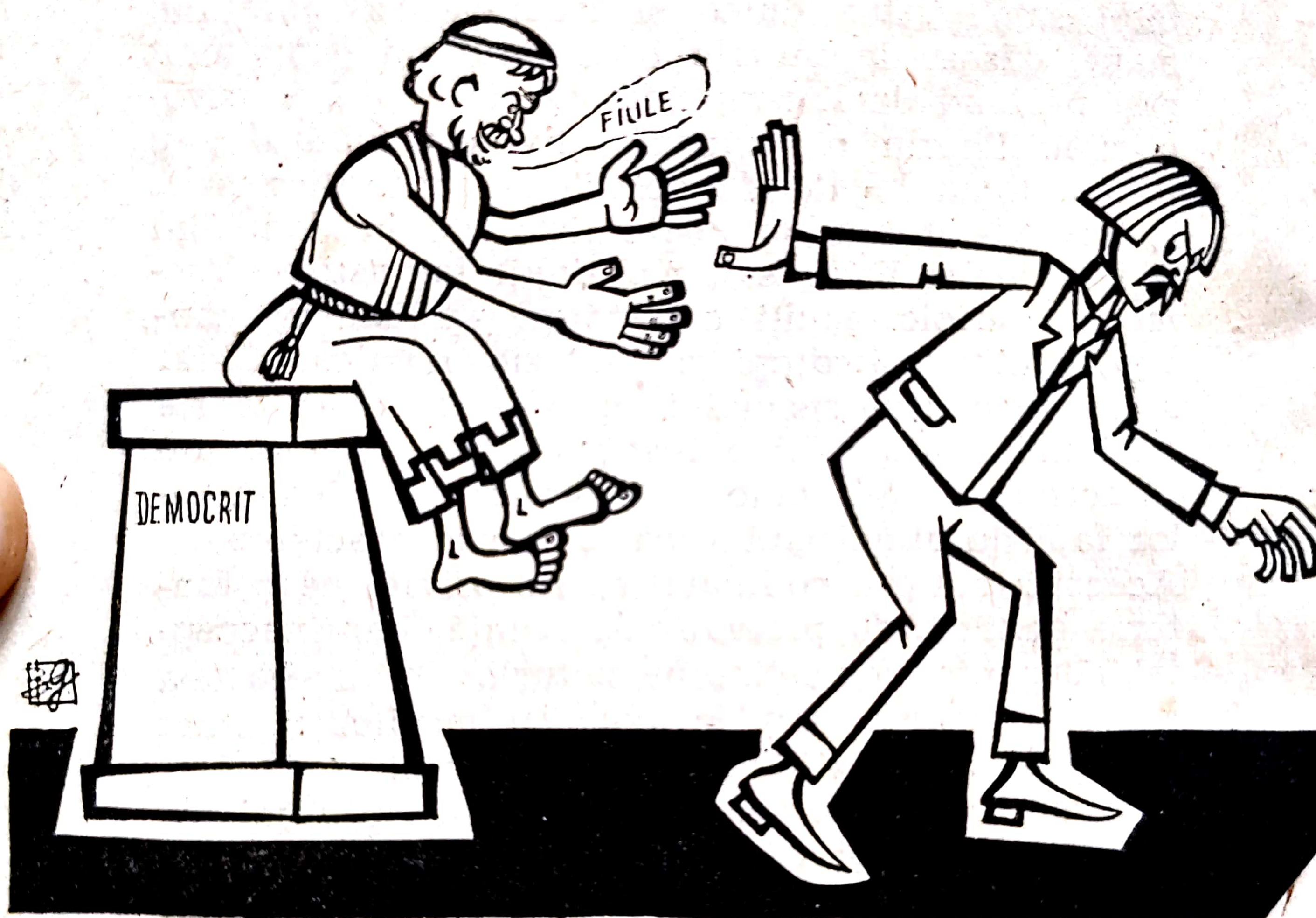
Atunci cînd teologia scolastică a renunțat s-o mai persecute, marea majoritate a chimiștilor și fizicienilor mai considerau încă concepția atomistă drept o născocire fantezistă, rezultatul unei imaginații poetice care și-a dat frîu liber.

Fără îndoială că cuvintele poetului adresate iubitei sale: „stea dulce și frumoasă a sufletului meu", găsesc în inimile tineretului un ecou mult mai profund decît terminologia riguroasă a astronomiei. Poezia nu exclude din vocabularul său terminologia legată de cercetările științifice seci, în schimb știința nu poate face loc în domeniul său fanteziei lirice sau narațiunii fantastice. Vreme de secole, mulți cercetători au socotit concepția atomistă drept o fantezie poetică. Chiar și la începutul secolului al XX-lea, cînd teoria modernă a atomului a fost universal recunoscută și acceptată, atitudinea fizicienilor și a chimiștilor față de atomismul vechi a rămas neschimbată. Această teorie a continuat să fie privită ca o fantezie poetică, cu pretenții de știință, dar inacceptabilă pentru cercetătorul naturii. De aceea, ea n-a fost inclusă în genealogia strămoșilor legitimi ai atomismului științific contemporan.

Savanții, care au propovăduit lumii cultul micrometrului, care și-au educat adepții ca în afara balanței analitice și a arătătoarelor instrumentelor de măsurat să nu recunoască alți zei, ei, care se separau ostentativ de ceilalți muritori, prin aceea că nu acceptau decît datele obținute pe bază de observație, și care se mîndreau că au renunțat complet la orice ipoteză, considerată prin esența ei ca îndoielnică și susceptibilă de spirit neștiințific, ei au protestat cu vehemență împotriva chiar și a presupunerii că atomul ar fi devenit sezisabil în camera Wilson și în contoarele Geiger-Müller, datorită gîndirii filozofice atît de disprețuită de ei.



„Nu există nici o legătură între atomistica modernă și vechile povești eline. Dovada e faptul că, dacă am vrea să demonstrăm valabilitatea teoriei lui Democrit față de cea a lui Aristotel, ar trebui să ne folosim de experiența pe care nici unul, nici



J. J. Thomson către Democrit: „Nu te recunosc ca tată"

celălalt nu le puteau nici măcar concepe. Astfel, punîndu-și întrebarea dacă materia este continuă, ca apa unui fluviu, sau discontinuă, ca nisipul de pe malul mării, ei au decis răspunsul ca și cum ar fi aruncat cu banul. În acest caz, firește, nu se putea ca unul din răspunsuri să nu iasă ca fiind cel adevărat." Rîndurile de mai sus au fost scrise în

1919 de J. J. Thomson, renumit fizician englez. Ele exprimă părerea aproape unanimă a atomiştilor şi în general a fizicienilor moderni: ştiinţa care se ocupă cu cercetarea atomului nu are nici o contingenţă cu filozofia atomistă. Se pune atunci întrebarea: dacă vechea filozofie atomistă nu a avut nimic comun cu realitatea, cum se face totuşi că ea a nimerit atît de bine esenţa adevărului? Miracol istoric, joc capricios al întîmplării — spun atomiştii şi fizicienii moderni — căruia nu i se poate atribui o valoare mai mare decît — să spunem — prezicerii anului începerii primului război mondial de către Nostradamus. Fizicienii nu puteau admite ca cea mai importantă teorie a secolului al XX-lea să fie stigmatizată de o origine filozofică.

J. G. Feinberg, autorul unei cărţi (apărută în 1954) cu privire la istoria atomismului, aduce elogii „argumentelor geniale" ale lui Democrit, care dovedesc „o viziune foarte clară cu privire la natura atomică a materiei". Recenzentul revistei pariziene Atomes, care de altfel dă o înaltă apreciere lucrării lui Feinberg, mărturiseşte că este totuşi silit „să zîmbească" în faţa aprecierii date de autor vechiului atomism. Şi pentru „a potoli entuziasmul intempestiv" al autorului, recenzentul invocă autoritatea lui Thomson. „Thomson, spune recenzentul, nu s-a înşelat. Spiritul ştiinţific... nu se poate bizui pe exactitatea unui rezultat doar posibil, susţinut la întîmplare". De ce însă acest ton categoric? Pe cine apără el? În definitiv, teoria atomică a secolului al XX-lea, rezultatele experimentale ale fizicii atomice, dezvoltarea ulterioară a fizicii nucleare nu erau absolut cu nimic periclitate de părerea savanţilor referitoare la originea istorică a noţiunii de atom.

Nu teoria fizică a atomului are însă nevoie să fie apărată de concepția originii filozofice a atomului, ci filozofia antifilozofică a empirismului și a pozitivismului, cu care era și este îmbibată — spontan sau conștient — atmosfera laboratoarelor.

Thomson a fost un fizician ilustru. El a adus o remarcabilă contribuție la teoria atomistă modernă. Între altele, el a introdus noțiunea de electron pentru explicația radiației catodice recent descoperită (explicație pe care Mach a socotit-o la fel de nesatisfăcătoare ca pe cele bazate pe noțiunea atomului). El a fost directorul laboratorului Cavendish din Cambridge — și dintre discipolii săi au ieșit fizicieni atomiști cu renume mondial, ca E. Rutherford, C. T. R. Wilson, Paul Langevin și alții. Dar, în ciuda faptului că a cunoscut atît de bine atomul, s-a înșelat în ceea ce privește drumul parcurs de știință în cunoașterea acestuia. Nu e locul să intrăm aici în detalii istorice ample. Se impune totuși să scoatem în evidență concluzia finală : dacă studiem istoricul ideilor atomiste după toate regulile artei, în același spirit științific ca și atomul, atunci ajungem la concluzia că între atomismul vechi sau „filozofic" și între atomismul modern sau „fizic" nu există nicăieri nici o discontinuitate în lanțul dezvoltării istorice a ideilor. Atomismul contemporan s-a dezvoltat din atomismul vechi, prin însumarea continuă a unor transformări lente, gradate, cîteodată abia perceptibile — totuși perfect conexe din punct de vedere al înlănțuirii istorice a ideilor.

Rezultatul la care s-a ajuns se deosebește, firește, enorm de punctul inițial, fapt care îngreunează

— trebuie să recunoaştem — descoperirea legăturii organice dintre început şi sfîrşit. Totuşi, cercetarea amănuntelor istorice scoate la iveală această legătură tainică. Se ştie doar că, la prima vedere, apele terestre diferă de norii de ploaie de pe cer. Şi totuşi, ploaia este — ca să ne exprimăm în limbaj matematic — transformata norului, şi poate fi dedusă din acesta. Cînd se transformă în ploaie, norul pierde toate particularităţile deosebite ale stării sale iniţiale, în afară de una, care rămîne totuşi ascunsă privirii superficiale, dar care, în ciuda acestui fapt, constituie totuşi esenţa, conţinutul, substanţa invariabilă a diferitelor sale stări — şi aceasta este compoziţia chimică a norului şi a ploii, apa. În mod analog, trebuie să privim teoria atomică modernă ca forma evoluată a celei vechi. Fireşte, amănuntele naive ale atomismului vechi au fost infirmate ; totuşi, atît teoria veche, cît şi aceea nouă a atomului, conţin un element comun, care constituie esenţa, sîmburele permanent al concepţiei atomiste, din toate timpurile, ideea care asigură continuitatea istorică a acestei concepţii majore : orice fenomen determinat din punct de vedere calitativ, are la bază anumite elemente indivizibile, în raport cu proprietatea caracteristică a fenomenului întreg. Orice stare determinată din punct de vedere calitativ este produsul combinării într-un anumit fel a particulelor sale elementare constituente.

Teoria structurii atomice a materiei s-a menţinut şi s-a verificat de-a lungul secolelor, de nenumărate ori. Atît atomismul geometric, cît şi atomismul care susţinea existenţa unor limite spaţiale în divizarea substanţei au înregistrat însă numeroase eşecuri de-a lungul drumului dezvoltării ştiinţei. Barierele, impuse divizibilităţii spaţiale a substanţei, au căzut rînd pe rînd. Desigur, aceasta încă nu dovedeşte că o asemenea limită spaţială



nu ar exista. În prezent, însă, nu mai este suficient de clar ce sens fizic ar putea să aibă, la anumite ordine de mărime, diviziunea substanței. În schimb, este foarte clar ce trebuie să se înțeleagă prin **indivizibilitate calitativă:** litera, spre exemplu, este atomul exprimării în scris a gîndurilor și sentimentelor, cuvîntul este atomul vorbirii, celula este atomul vieții, omul — al omenirii. Apa fluidă își are atomul său; atomul apei chimice este molecula, iar al elementului chimic însuși — particula cu numele de atom. Atomul electricității este sarcina electrică elementară, a energiei cuanta etc. Molecula de apă este divizibilă, așa cum este divizibil însuși indivizibilul, adică atomul, dacă prin diviziune înțelegem fragmentarea pur spațială. Și corpul uman poate fi descompus în elementele sale componente. Dar, ceea ce rezultă din această diviziune nu mai este apă, mercur, om sau celulă, ci hidrogen și oxigen, neutron și proton, respectiv o aglomerație de țesuturi, deci ceva cu totul diferit din punct de vedere calitativ decît de la ce s-a pornit inițial.

Acesta este conținutul esențial al teoriei atomice, **acel ceva** care a rămas neschimbat și care s-a verificat de nenumărate ori de-a lungul zbuciumatei istorii a științei. Aceasta este ideea pe care vechii elini și indieni au exprimat-o cu destulă claritate și siguranță și care constituie unul din „miracolele grecești", respectiv „indiene", care depășesc poate prin profunzime și prin puterea de previziune „miracolul grec" în domeniul arhitecturii și al geometriei.

Și teoria atomică în forma de mai sus a avut chiar în epoca elinilor și a indienilor antici o oarecare bază empirică. Această bază empirică, privită de la nivelul secolului al XX-lea, pare, desigur, rudimentară și naivă — poate chiar infantilă; ea corespundea însă nivelului tehnicii din acea epocă.

De aceea, admirația omului contemporan față de puterea de gîndire și de sintetizare a grecilor și indienilor este legitimă, mai ales dacă se ține seama de concluziile lor, formulate cu atîtea zeci de secole în urmă și care au la bază numai puținele observații cotidiene neînsemnate, ce se puteau face pe atunci. Fără îndoială că nu gîndirea pură este izvorul ideii de atom. Gîndirea este însă instrumentul ei major. Prezența acestei idei în filozofie este justificată de faptul că indivizibilitatea calitativă este una din cele mai generale legi ale existenței, perfect accesibilă observației empirice, experienței. În acest sens filozofic, a fost expusă pentru prima dată cu claritate concepția atomistă, de către Giordano Bruno, în cartea sa **„De minimo"**. Pe același plan se situează și celebra teză hegeliană a legăturii dintre transformările cantitative și transformările calitative, care nu este decît o expresie filozofică abstractă, — străină de orice aluzie la intuiție a ideii fundamentale a atomismului naturalist. Concepția atomistă nu este rezultatul unui joc capricios de-a „datul cu zarul", ci al gîndirii științifice complexe.

POZITIVISM: ATOMUL EXILAT

Dacă vrem să aplicăm în mod consecvent criteriul observației, interpretat în spirit pozitivist și empirist, atunci este imposibil să nu sezisăm o oarecare inconsecvență în atitudinea lui Thomson. Căci, dacă aplicăm în mod riguros principiul care stă la baza pozitivismului, acceptînd în știință numai datele obținute pe calea observației directe,

atunci nici teoria atomică a secolului XX nu merită mai multă indulgenţă ca atomismul secolului al XVII-lea. Fiindcă, aşa precum foarte bine a remarcat Ernst Mach încă în anul 1912, „atomii nu pot fi sezisaţi de către organele noastre de simţ". Dar Mach, spre deosebire de Thomson, a rămas consecvent principiului pozitivist. El a arătat că dacă atomii nu sînt perceptibili de către organele noastre de simţ, atunci noţiunea de atom nu există decît în gîndirea noastră, adică — după expresia chiar a lui Mach — este un „Gedankending", „un sistem de fantome". Este adevărat că încă în epoca lui Mach au existat numeroase fenomene care puteau fi explicate foarte bine cu ajutorul teoriei atomice, dar Mach nu dădea mai mare preţuire acestor explicaţii decît acelora care explicau evoluţia fenomenelor naturii într-un fel sau altul, cu ajutorul lui dumnezeu. „A anticipa **rezultatul** — scria el în legătură cu aceasta — sau a include anticipaţia în procesul cercetării ştiinţifice, înseamnă a face mitologie în loc de ştiinţă".

Datele de laborator obţinute de-a lungul secolului al XX-lea au adus argumente decisive în favoarea existenţei reale a atomului. Mişcarea browniană, efectele substanţelor radioactive, urmele observate în camera Wilson — toate acestea au fost explicate cu ajutorul moleculelor, al atomilor, al particulelor atomice şi a făcut ca fizicienii să accepte ca foarte plauzibilă noţiunea de atom. Îndoiala care dăinuia încă în secolul al XIX-lea — în legătură cu concepţia atomistă — a dispărut. Totuşi, la drept vorbind, nici de la această dată încoace atomul nu a putut fi sezisat de către om cu organele sale de simţ, astfel că pozitiviştii consecvenţi au susţinut şi de atunci încoace cu încăpăţînare ideea că atomul, neputînd fi observat, existenţa sa nu poate fi acceptată, iar noţiunea de atom nu este, în consecinţă, decît o plăsmuire, făurită pare-se la co-

mandă, pentru a da o explicaţie unitară unei serii întregi de fenomene disparate, nelegate între ele. Necesitatea de a da o explicaţie unitară nu izvorăşte însă din natura lucrurilor, ci din conştiinţa noastră subiectivă. Rolul jucat de atom în elaborarea acestei concepţii are multă asemănare cu rolul jucat de logică, în următoarea anecdotă kynegetică : Un vînător, observînd cu atenţie zborul păsărilor, a ajuns la concluzia că într-o pădure trăieşte un fel de mamut, nevăzut şi nebănuit pînă atunci de nimeni. Toată lumea consideră afirmaţia sa drept o plăsmuire. După cîtăva vreme însă, făcîndu-se expediţie de vînătoare în pădurea cu pricina, se descoperă nişte urme misterioase pe pămînt, pe iarbă, în păpuriş. Prezenţa acestor urme poate fi explicată convingător numai dacă se admite existenţa în aceste locuri a mamutului. De aceea, mulţi o şi acceptă. Dar mamutul în carne şi oase nu a putut fi văzut de nimeni. Tocmai de aceea, la drept vorbind, nici nu se poate discuta despre el, aşa cum se discută despre cal sau despre elefant, animale atît de bine cunoscute omului. În definitiv, urmele acelea misterioase puteau să apară şi datorită altor cauze. Ele puteau să fie rezultatul jocului capricios al naturii. Să ne gîndim, de exemplu, la fiinţele misterioase de pe Marte, născocite de mintea omului, special pentru a explica cu ajutorul lor canalele marţiene.

La începutul secolului al XX-lea puteau fi explicate cu ajutorul atomului mult mai multe fenomene decît acum o sută sau două sute de ani în urmă. Totuşi, să nu uităm că cu ajutorul teoriei corpusculare atomice a materiei au putut fi explicate în mod satisfăcător, încă în secolele al XVII-lea şi al XVIII-lea, o serie de fenomene din fizica gazelor, a lichidelor, dar mai ales din domeniul termodinamicii. Dar, chiar şi din punct

de vedere principial, fenomenele termice și cele chimice, precum și o serie de fenomene simple, observate în antichitate și în evul mediu (cum sînt evaporarea, sublimarea, amestecul, reacția chimică, transformarea alimentelor în carne și sînge etc.), raportate la gama de fenomene cunoscute în epoca aceea, au cerut o explicație atomică, corpusculară, aproape cu aceeași imperiozitate ca și mișcarea browniană sau radioactivitatea. Și, pe deasupra, și în prezent mai continuă observarea unor fenomene care indică existența unei stări continue a materiei.

Anticii erau conștienți și ei de incompatibilitatea filozofiei atomiste cu empirismul primitiv, care nu recunoaște decît existența reală a lucrurilor direct accesibile simțurilor noastre. Este semnificativă în această privință străduința permanentă — care poate fi urmărită de la antici și pînă la sfîrșitul secolului al XVII-lea — de a demonstra că există în realitate lucruri și fenomene reale inaccesibile sensibilității nemijlocite. Ideea profundă că lumea reală, natura, nu se reduce la lumea fenomenelor sensibile este caracteristică și fundamentală filozofiei atomiste, de la cele mai vechi începuturi ale ei. Filozofii idealiști ai anticei Elade recunoșteau doar o lume suprasensibilă, diferită de universul material, și în acest sens opusă ei. Existența unei lumi suprasensibile dar totuși materiale, idee atît de familiară omului secolului al XX-lea, era o descoperire filozofică îndrăzneață, care a constituit de atunci încoace baza morală, imboldul tuturor cercetătorilor naturii. Desigur, în epoca în care unicele instrumente de cunoaștere nemijlocită erau organele de simț, cînd erau încă necunoscute artificiile mecanice, care le prelungesc pe acestea — în această epocă argumentul atomist părea suficient întărit și prin demonstrarea existenței unor lucruri inaccesibile ochiului uman.

Pe baza acestui principiu general s-a simţit îndreptăţit Democrit să afirme că luna are un relief alcătuit din munţi şi văi, că fîşia luminoasă a căii lactee este compusă din îngrămădirea foarte densă a stelelor etc.

În decursul veacurilor ce au urmat, eforturile partizanilor atomismului erau îndreptate spre demonstrarea existenţei obiectelor invizibile. În celebrul său poem **„De rerum natura"**, Lucretius înşiră în favoarea acestei idei dovezi multiple, deşi poate prea generale chiar pentru epoca lui. În acest sens considerau oamenii de ştiinţă din secolul al XVII-lea că existenţa lumii invizibile — dezvelită de microscopul proaspăt descoperit — constituie o confirmare a concepţiei atomiste.

MACH CONTRA PLANCK

Din punct de vedere strict pozitivist, fără îndoială că Mach are dreptate, şi nu Thomson. „Dacă pentru voi admiterea existenţei atomului este un lucru atît de esenţial — îi scria Mach lui Max Planck, marele apărător şi reînnoitor al teoriei atomiste — atunci eu refuz să gîndesc ca un fizician, refuz să fiu un fizician adevărat şi renunţ la aprecierea ştiinţifică, deoarece libertatea de a cugeta îmi este mai preţioasă". Desigur, rîndurile citate conţin şi o oarecare doză de exagerare. Trebuie să-l apărăm pe Mach împotriva lui însuşi. În ciuda erorilor sale, nici un om onest, de bună credinţă, nu a încetat să considere pe profesorul vienez ca pe un adevărat fizician. Fără descoperirile sale, aviaţia modernă supersonică nu ar putea fi concepută. Ca filozof însă, el a săvîrşit erori

grave. De altfel, nu este singurul caz în istoria științei cînd un fizician, matematician sau naturalist susține idei filozofice eronate. Nu rareori asistăm la asemenea inconsecvențe uimitoare. Credinciosul Darwin a dărîmat teoria religioasă a originii divine a vieții pe pămînt, și cu aceasta cartea Genezei. Dar atît Darwin, cît și mulți alți oameni de știință au putut să obțină succese mari și nepieritoare în știință, tocmai pentru că s-au sustras de sub influența propriilor lor erori filozofice. Și, în această privință, Mach trebuie criticat nu numai ca filozof, ci și ca fizician, întrucît el a ținut să rămînă fidel și consecvent pînă la capăt concepțiilor sale pozitiviste, contestînd și renunțînd mai bine la una din cele mai mărețe realizări, obținute de știință dealungul istoriei sale: atomismul. Răspîndirea și influența filozofiei sale în cercetarea științifică ar fi putut dăuna enorm progresului științei.

Mach se referea la libertatea de gîndire. Firește, nici o lege nu interzicea negarea existenței atomilor, și toată lumea are dreptul să gîndească și să creadă orice despre structura materiei. Dar știința nu de asemenea libertate are nevoie. Dimpotrivă, ea cere cercetătorului să se supună legilor naturii, pentru că numai astfel el va putea deveni stăpîn asupra forțelor sale, așa cum și Mephisto, numai printr-o supunere vicleană, a devenit stăpînul doctorului Faust.

Știința a avut mult mai mult de profitat de pe urma practicismului englez al lui Thomson, decît din principialitatea germană a lui Mach. Despre Thomson se poate spune că seamănă cu un medic căruia îi este rușine că se trage din maimuță și ca atare neagă această origine a omului, însă în practică este un excelent profesionist. Eșecul lui Mach materializează impasul filozofiei pozitiviste.

Noţiunea de atom nu s-a născut din necesităţile directe ale vieţii practice şi nu a fost zămislită în laborator, ci în sfera cugetării filozofice. Dar ea a apărut nu ca un rezultat al fanteziei intempestive, ci ca un produs al gîndirii ştiinţifice, legată strîns de realitate.

În secolele din urmă, filozofia atomistă s-a identificat cu concepţia materialistă asupra naturii. Ca urmare, ea a fixat ca obiectiv în faţa cercetărilor experimentale sarcina de a verifica în laborator existenţa atomului. Filozofia atomistă a înzestrat fizica şi chimia încă de pe atunci cu cheia înţelegerii şi explicării multor fenomene ale naturii, altfel ininteligibile. O dată cu verificarea în practică a teoriei atomiste, filozofia ştiinţifică şi-a sărbătorit una din cele mai strălucitoare victorii ale sale, dovedind nu numai că primeşte, ci şi dă ajutor fizicii.

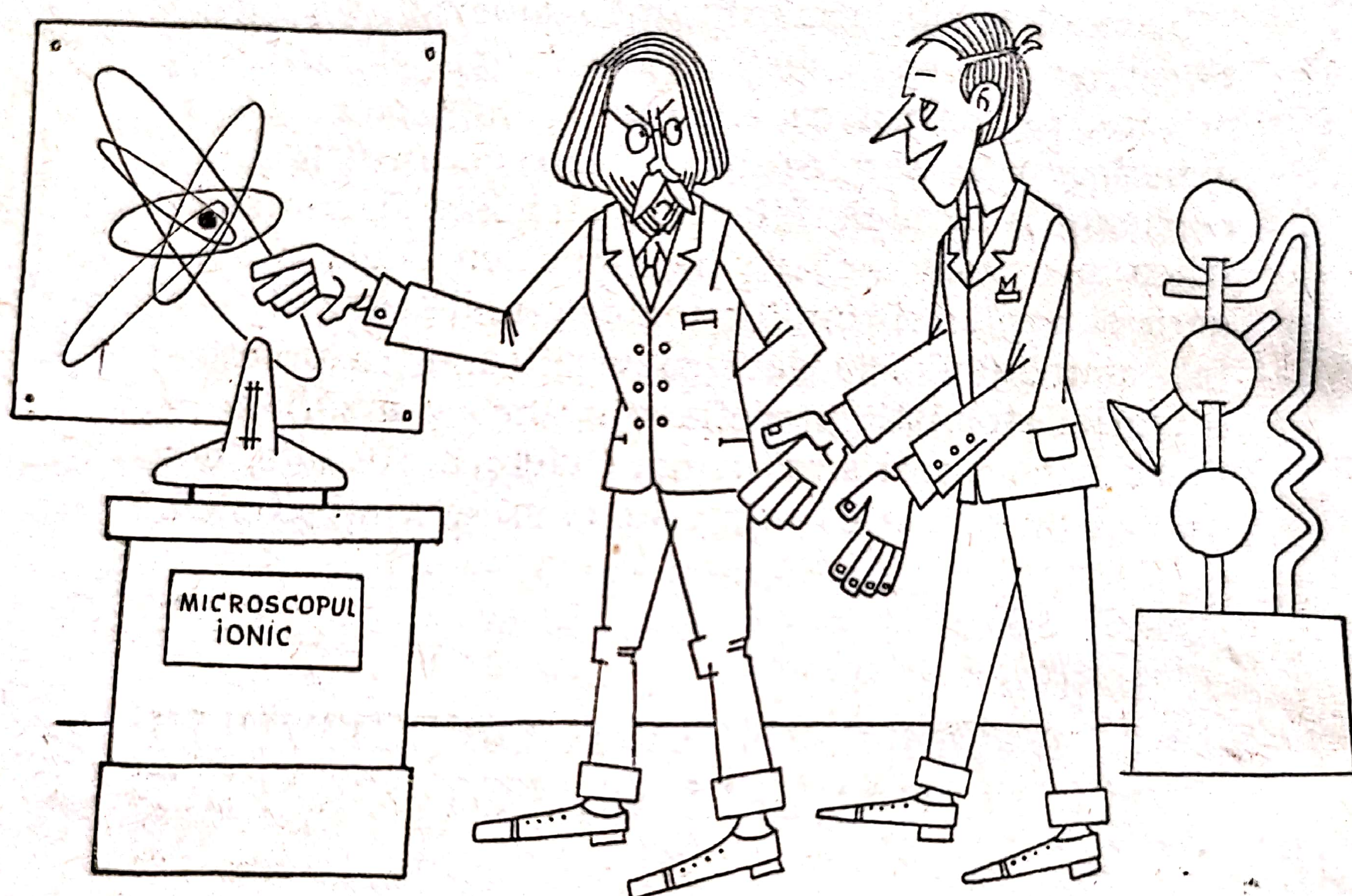
ATOMUL ÎN FAŢA OBIECTIVULUI CAMEREI DE FOTOGRAFIAT

Anul 1956 a adus, în fine, dovada care a zdrobit definitiv concepţia antiatomistă a lui Mach, chiar şi din punct de vedere al exigenţelor empiriste elementare.

În acest an, doctorul Erwin Müller a reuşit, în sfîrşit, să fotografieze atomul, dar nu cu un microscop optic obişnuit, ci cu un microscop perfecţionat, asemănător celui electronic, care în locul fasciculului de electroni „vede" cu ajutorul unui fascicul de ioni de heliu. Cu acest microscop, numit ionic, s-a obţinut o mărire de 2 750 000 de ori a

vîrfului unui fir de tungsten. Firul de tungsten utilizat este de 1 000 ori mai subțire decît vîrful celui mai ascuțit ac. Realizarea acestui microscop reprezintă rezultatul unei munci perseverente de 19 ani.

Cu ajutorul acestui aparat au putut fi obținute



Ernst Mach și existența atomilor

— Și ce se poate vedea cu microscopul ăsta ?
— Se pot vedea atomii vîrfului de peniță cu care ați scris Dvs. că nu există atomi

pentru prima dată în istorie, pe placa fotografică, urmele directe ale atomilor. Poate, după părerea filozofilor pozitiviști, ar fi trebuit să se aștepte pînă în 1956, pentru a avea o bază legitimă de a pronunța cuvîntul atom. Dar cum s-ar fi putut ajunge oare la această epocală realizare, dacă oamenii de știință ar fi urmat sfaturile lui Mach ?

EXTREMELE SE ÎNTÎLNESC

Şi acum, iată în faţa noastră două fotografii: amîndouă reprezintă puncte luminoase pe un fond întunecat. Pe una din ele, punctele albe sînt dispuse cu o remarcabilă regularitate geometrică, pe cealaltă — fără nici o ordine vizibilă. Pe prima fotografie se văd atomii suprafeţei de tungsten. A doua reprezintă o parte a firmamentului. Punctele albe strălucitoare sînt urmele lăsate de stelele galaxiei noastre; minusculele pete albe, de o lumină opacă, sînt imaginile îndepărtatelor lumi stelare, ale galaxiilor străine. Dar „să nu uităm — spunea Eddington — că în această superfizică a universului (în cosmologie) galaxia este unitatea indivizibilă, adică atomul". Acum, deci, cele două extreme — „atomul" microcosmului şi al macrocosmului — se întîlnesc, în sensul material al cuvîntului, aici în faţa noastră, pe hîrtie.

După cum se vede, atomul a devenit sezisabil direct abia la sfîrşitul unei lungi şi anevoioase perioade de cercetare. În astronomie, dimpotrivă, observarea directă a cerului înstelat a constituit punctul de pornire al cercetărilor şi numai mult mai tîrziu s-a trecut la cercetarea fenomenelor cosmice, care nu pot fi observate cu ochiul liber.

Şi totuşi, aceste două lumi diametral opuse, microcosmul şi macrocosmul, sînt strîns legate între ele. Legile atomului influenţează în mod hotărîtor viaţa stelelor, iar interiorul lor se aseamănă cu un uriaş laborator atomic, în care materia este supusă celor mai variate încercări fizice. În 1934, Eddington şi-a început prelegerea despre **„Energia din interiorul atomului"** cu următoarele cuvinte: „Cockroft şi Walton au reuşit să obţină transforma-

rea elementelor pe calea artificială. Pînă la ei, cunoştinţele omului cu privire la condiţiile eliberării energiei atomice se bazau aproape în întregime pe cercetările astrofizice". În ultimele două decenii, cercetările asupra stării fizice a stelelor s-au îmbinat strîns cu cercetările practice şi teoretice în domeniul fizicii nucleare. Multe fenomene cosmice de importanţă primordială au putut fi explicate cu ajutorul fizicii atomice şi în special al fizicii nucleare. Poate că o asemenea afirmaţie, exprimată în forma aceasta generală, nu uimeşte pe nimeni. Dacă ne gîndim însă că una din căile cele mai importante pentru eliberarea practică a energiei atomice — sinteza heliului din hidrogen — a fost descoperită pentru prima dată în stele şi în Soare, atunci ne dăm seama de uriaşa importanţă a îmbinării celor două direcţii ale cercetării. Şi aceasta a început încă acum mai bine de douăzeci de ani!

Acum douăzeci, douăzeci şi cinci de ani, inginerii mai considerau încă posibilitatea eliberării energiei atomice ca o fantezie puerilă. Fizicienii — şi printre aceştia chiar fizicienii de talia lui Rutherford sau Einstein — priveau această problemă ca un amuzament ştiinţific. Pentru astronomi însă, ea era de mult un fenomen real, bine cunoscut, devenit aproape obişnuit, la a cărui cercetare ei au fost constrînşi aproape cu necesitate de exigenţele studierii corpurilor cereşti. „Am vorbit despre transformarea hidrogenului în heliu, ca şi cînd ar fi fost un fapt recunoscut de ştiinţă" — se spune în lucrarea mai sus citată a lui Eddington. „Nu e mai puţin adevărat că pînă în momentul de faţă nu a reuşit încă nimeni să obţină o transformare de felul acesta, ceea ce nu pare însă a prezenta prea mare importanţă. Nu facem decît să aplicăm metoda

obişnuită a gîndirii ştiinţifice atunci cînd deducem acest fenomen din legi ale naturii şi nu dintr-o activitate specifică a creaţiei."

Nu de mult s-a reuşit ca procesul fuziunii hidrogenului în heliu — proces care stă la baza alimentării Soarelui cu energie — să fie obţinut pe cale sintetică, artificială şi pe Pămînt. Există deci toate temeiurile să se creadă că, în scurtă vreme, explozia de hidrogen se va putea utiliza şi ea în scopul producerii de energie pentru utilizări paşnice. Iată dar că nu numai fizicienii atomişti pot veni în ajutorul astronomilor, ci şi astronomii pot fi de folos fizicienilor atomişti.

CE PRIMIM DE LA SOARE?

S. I. Vavilov, într-una din cărţile sale, aminteşte următoarea cugetare, plină de înţelepciune, a lui Kuzma Prutkov: „Luna e mai folositoare decît Soarele, fiindcă Luna luminează noaptea, cînd e întuneric, pe cînd Soarele, ziua, cînd şi aşa este lumină". Ştiinţa, însă, este de altă părere: Pămîntul nu primeşte nimic de la Lună, pe cînd de la Soare — totul! Şi, în primul rînd — lumina! Ba, chiar şi lumina Lunei tot de la Soare ne vine!

Energia luminoasă şi calorică radiată de Soare în spaţiul cosmic poate fi calculată cu destul de multă precizie. Dacă Pămîntul nu ar fi învelit de atmosferă, atunci, în fiecare minut, fiecare centimetru pătrat al planetei ar primi de la Soare, în medie, o cantitate de căldură egală cu 2 calorii mici (constanta solară), ceea ce nu este prea

mult. O asemenea cantitate de căldură este egală cu cantitatea de căldură necesară pentru a ridica temperatura unui strop de apă de 2 grame de la 15^0 Celsius la 16^0 Celsius. Recent, prin măsurătorile efectuate la mari înălțimi (pînă la 400 km), cu ajutorul rachetelor, s-a constatat că constanta solară depășește puțin valoarea de 2 calorii mici.

Uriașă este însă energia totală radiată de Soare!

Dacă ținem seama de faptul că energia radiată de Soare se împrăștie pe o suprafață de miliarde de miliarde de centimetri pătrați, atunci reiese că în fiecare minut Soarele radiază în spațiul cosmic o cantitate de căldură apreciată la 6.10^{27} calorii mici. Această cantitate este cu adevărat inexprimabil de mare. Numărul care o reprezintă e format din 28 de cifre: un șase, urmat de douăzeci și șapte de zerouri.

Căldura totală radiată de Soare ar fi în stare să transforme în aburi fierbinți, într-un singur minut, o sferă de gheață cu un diametru de 2 000 km. (Diametrul Lunei este de 3 480 km). Din această uriașă cantitate de energie suprafața exterioară a învelișului de aer al Pămîntului luminat de Soare primește în fiecare minut, aproximativ $2,5.10^{18}$ calorii mici. Ca să ne facem o idee cît de uriașă este această cantitate de căldură, trebuie să amintim că ea este egală cu întreaga energie produsă pe tot globul pămîntesc, în cursul anului 1952, în industrie, comunicații, agricultură și gospodărie casnică, adunată la un loc. Numai într-un minut, Soarele radiază asupra Pămîntului atîta energie, cît a produs întreaga societate umană în cursul anului 1952!

Dar, după cum se știe, partea cea mai mare din energia radiată de Soare este absorbită de atmosferă. Totuși, chiar și așa, tot mai ajunge destulă și pe Pămînt. Profesorul Farrington Daniels a făcut socoteala că — pînă și în asemenea condiții —

repartizînd uniform căldura solară ajunsă pe pămînt, revin, în medie, pentru fiecare 100 metri pătrați ai planetei noastre, cîte 60 milioane de calorii mici de căldură solară pe oră. Cu această cantitate de căldură, pe fiecare 100 m. p. s-ar putea topi și transforma în vapori fierbinți, în fiecare ceas, peste 330 kg. de gheață.

Firește, această rație diferă mult de la un loc la altul al globului. Astfel, de pildă, în Statele Unite fiecare locuitor dispune, pe zi, în medie, din cantitatea de căldură radiată de Soare sub forma de raze calorice și luminoase, de o cantitate de energie egală cu 270 miliarde de calorii mici. Cu această cantitate de căldură s-ar putea preface în vapori fierbinți 1 500 tone de gheață. În același timp, cantitatea de energie produsă de industria, comunicațiile și gospodăriile Statelor Unite, repartizată pe cap de locuitor, este de 150 milioane calorii mici pe zi. Cu această cantitate de căldură abia dacă se pot topi și fierbe ceva mai mult de 830 kilograme de gheață.

Și, ca să ne dăm și mai mult seama de importanța acestui izvor de energie, trebuie să reamintim că uriașa cantitate de energie radiată de Soare n-a înregistrat, după cum au stabilit geologii, nici o scădere în decursul timpurilor.

Totuși, trebuie să facem o precizare, deși ea poate să producă o oarecare dezamăgire, ținînd seama de cifrele cu adevărat astronomice de mai sus, și anume că, în medie, fiecare gram din masa solară nu radiază în fiecare secundă decît ceva mai mult de a suta milioana parte dintr-o calorie mică ($4,5 \ 10^{-8}$ cal.)

Potrivit calculelor făcute de Balabanov și de Goldanski, pentru a ridica în timp de 24 de ore temperatura unui pahar de apă, pînă la punctul de fierbere, ar trebui să se consume mai mult de 5

tone din combustibilul solar, iar pentru a arde același număr de ore un bec obișnuit de 25 W, ar fi necesar 20 de tone.

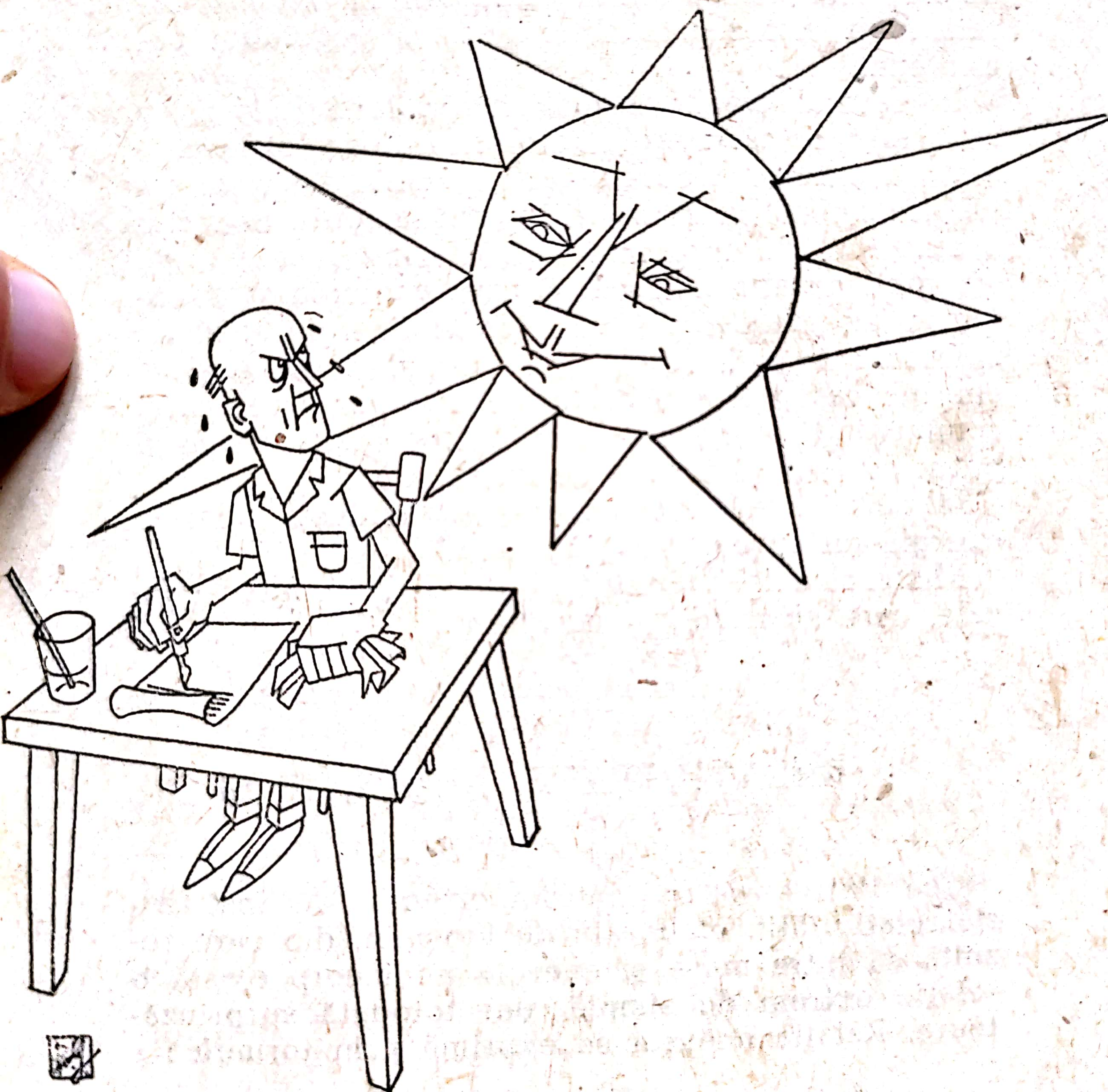
CE ARDE ÎN SOARE?

În această situație se naște în mod legitim întrebarea: Cum se menține, cu ce se alimentează și ce arde în acest uriaș cuptor, în stare să producă de milioane de ani fără întrerupere, în mod constant, aceeași uriașă cantitate de energie?

Întrebarea nu este nouă. Oamenii și-au pus-o încă de acum două veacuri, dar răspunsul dat atunci a fost destul de îngrijorător. Singura presupunere pe care o puteau face pe atunci oamenii de știință, era că energia calorică a soarelui ia naștere prin arderi chimice obișnuite. Calculele cele mai simple au dovedit însă că dacă în Soare ar arde cărbune sau chiar hidrogen, atunci viața acestui astru s-ar apropia de sfîrșit, fiindcă, în cazul cînd s-ar alimenta cu cărbune, în numai o mie de ani soarele s-ar răci definitiv, punînd în primejdie și viața pe pămînt.

Vorbind despre grijile contemporanilor săi, întîlniți pe insula Laputa, Lemuel Guilliver, cunoscutul medic de bord, scria: „Oamenii aceștia trăiesc într-o permanentă neliniște, fără să aibă o clipă de răgaz sufletesc. Și toată agitația lor provine dintr-o cauză care niciunui alt muritor, din alt loc, nu-i produce nici o tulburare. Ei se tem că Soarele, risipindu-și într-una razele, fără să acumuleze altă energie în schimb, într-o bună zi se va istovi total, răcindu-se, ceea ce va avea ca urmare nu numai pieirea Pămîntului, ci și a tuturor planetelor care

primesc lumina de la el". Dacă lucrurile ar sta așa, ar exista într-adevăr motive de îngrijorare, pentru că în asemenea condiții căldura radiată de soare ar slăbi simțitor, chiar și în decursul unei singure generații. Și oamenii, îngrijorați de această presu-



„Nu înțeleg cum a putut lua naștere teoria sfîrșitului Pămîntului prin răcirea Soarelui ?

punere, au recurs, în afară de ipoteza relatată, încă la multe altele, dar nimeni nu a găsit un combustibil care să asigure Soarelui o viață lungă măcar cît a Pămîntului. Chiar și în cazul cînd Soarele ar fi compus numai din hidrogen, nici arderea acestuia nu ar asigura o existență mai îndelungată de 25 000 de ani, ceea ce înseamnă, după cum se vede, o durată mult mai scurtă chiar decît a vegetației pămîntene.

În secolul trecut, Helmholtz și lord Kelvin au emis ipoteza că energia calorică a Soarelui ia naștere ca urmare a contractării necontenite a scoarței acestui astru. Această ipoteză asigura Soarelui o existență de aproximativ 20 de milioane de ani. Mergînd pe alte căi, mai sigure, geologia și astronomia au stabilit însă că vîrsta Soarelui trebuie măsurată în miliarde de ani. Or, dacă se explică energia calorică a Soarelui prin consumarea unui combustibil, oricare ar fi el, astrul nostru nu ar fi putut avea o viață atît de lungă.

În cazul acesta, de unde-și dobîndește Soarele energia lui aproape inepuizabilă?

Misterul a fost lămurit de două descoperiri epocale, care au revoluționat știința.

RELATIVITATE, MASĂ, ENERGIE

Cea dintîi — și cea mai importantă — a fost teoria relativității, elaborată de Einstein, din care rezultă că între masa și energia unui corp există o relație extrem de simplă, dar totodată surprinzătoare. Relația aceasta se exprimă prin formula:

$$\mathbf{E = mc^2}$$

în care **E** reprezintă energia totală a corpului, **m**

masa, iar **c** viteza luminii, care-i o cifră cunoscută: aproape 3.10^{10} cm/sec, adică treizeci de miliarde cm pe secundă*. „Cartea naturii este scrisă în limba matematicii" — a spus Galilei; şi, celor care pricep această limbă, acelora, prin formula de mai sus, materia le vorbeşte astfel: „Energia îngrămădită în interiorul meu este de nouă sute de miliarde de miliarde ori mai mare decît masa mea". Exprimată în unităţi de energie termică, aceasta înseamnează că într-un gram de cărbune, de fier, de hîrtie, de apă sau de orice altă substanţă este înmagazinată o cantitate de energie de peste douăzeci de mii de miliarde de calorii mici! O asemenea uriaşă cantitate de căldură ar putea topi şi fierbe cca. 120 000 tone de gheaţă, iar, ca să producem o asemenea cantitate de căldură prin ardere ar trebui să consumăm o cantitate de cca 2 500 tone de cărbune de cea mai bună calitate. Prin urmare, teoretic, ca să producem prin ardere aceeaşi cantitate de căldură, ne trebuie o cantitate de 2,5 miliarde de ori mai mare de cărbune.

Una din consecinţele cele mai neaşteptate şi mai revoluţionare ale formulei lui Einstein este că orice variaţie a masei corpului este însoţită de o variaţie corespunzătoare de energie, şi invers, orice variaţie de energie are ca urmare şi o variaţie a masei.

Ca şi matematica, chimia îşi are limbajul ei. Astfel, arderea a 10 000 kg de cărbune, de exemplu, este numită de chimist o combinare a carbonului cu oxigenul, printr-o reacţie chimică, în cursul căreia se eliberează 80 miliarde de calorii mici de căldură. Fireşte, această cantitate de căldură o pierd carbonul şi oxigenul şi o cîştigă mediul în-

* Pătratul acestui număr este 9.10^{20} (nouă sute miliarde de miliarde). Unui gram-masă îi corespunde deci 9.10^{20} erg $=$ $2,15.10^{13}$ cal. energie.

conjurător. Prin ardere, atomii de carbon şi de oxigen se unesc în molecule.

Căldura care se eliberează în cursul reacţiei chimice este unul din cei mai buni indici ai forţei de adeziune dintre atomii celor două elemente. Cu cît se eliberează mai multă căldură în raport cu fiecare unitate de greutate din corpul ars, cu atît se sudează mai strîns laolaltă atomii moleculelor compusului chimic nou creat.

Dar, potrivit formulei lui Einstein, energia luminoasă şi calorică eliberată în cursul arderii este însoţită de o variaţie corespunzătoare a masei corpului. În cazul nostru, de pildă, arderea celor 10 tone de cărbune este însoţită de o pierdere de cca. 4 miligrame din masa combustibilului, ceea ce reprezintă aproximativ a treia miliarda parte din el.

Să vedem acum ce se întîmplă cu această masă! Se pierde ea oare într-adevăr? Oare legea conservării materiei şi-ar fi pierdut valabilitatea?

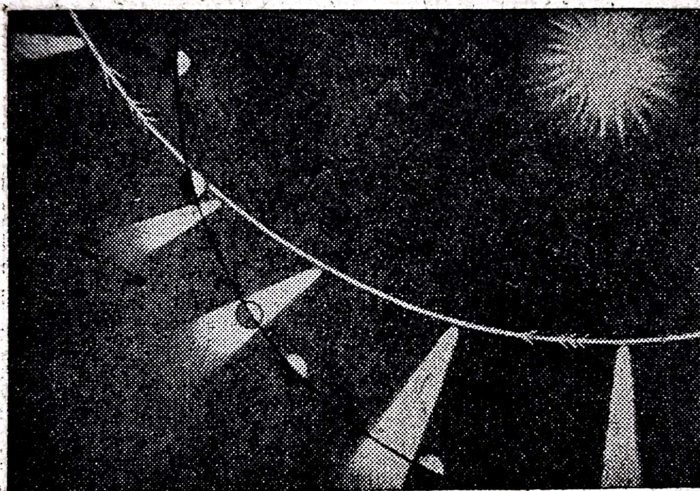
Nu!

Masa nu se pierde, căci şi lumina are masă. Înainte de a fi aprins cărbunii, acele 4 miligrame existau sub forma unor cristale obişnuite de cărbune. După ce s-a sfîrşit procesul de ardere, masa pierdută încetează de a mai exista sub formă de cristale de cărbune, transformîndu-se în „cîmp electromagnetic".

Ca să înţelegem mai uşor ce este „cîmpul electromagnetic", amintim că lumina obişnuită, razele ultraviolete, razele Röntgen, razele radioactive gama, razele infraroşii, în sfîrşit, undele radiofonice scurte, mijlocii şi lungi sînt unde electromagnetice, forme de manifestare ale cîmpului electromagnetic. Cîmpul electromagnetic este şi el o formă a materiei, deoarece are masă. Există, prin urmare, două forme de manifestare a materiei, diferite una de alta: substanţa şi cîmpul electromagnetic.

LUMINA ARE MASĂ

Faptul că lumina are masă rezultă precum a arătat S. I. Vavilov — dintr-o serie de experiențe foarte spirituale și rafinate întreprinse încă în ultimul deceniu al secolului trecut de Lebedev. Încă în 1873 a demonstrat Maxwell pe cale pur teoretică existența unui fenomen de presiune a luminii. Lebedev, pornind de aici, a demonstrat în 1890 că lumina exercită, într-adevăr — atît asupra corpuri-



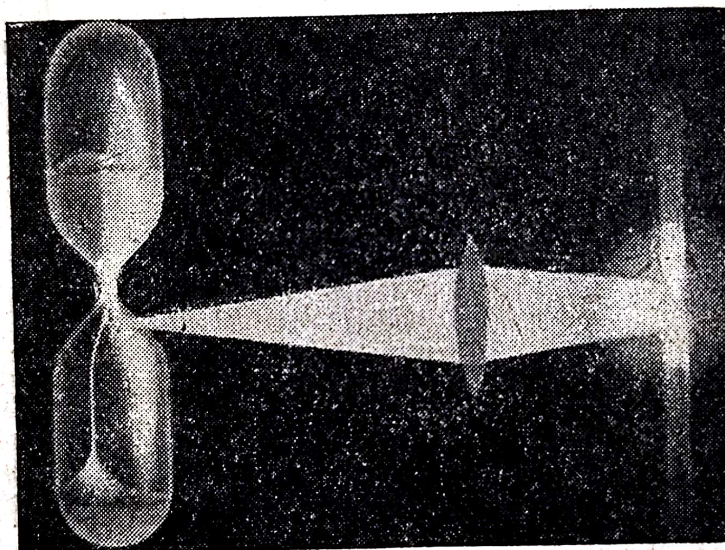
Coada cometei este mereu îndreptată în direcție opusă Soarelui

lor solide, cît și asupra celor gazoase — o presiune care poate fi măsurată, deși numai cu aparate extrem de sensibile.

Kepler și Newton întrevăzuseră cu secole în urmă această posibilitate. Kepler explică direcția curioasă a cozii cometelor cu ajutorul presiunii luminii. Cometele, apariții ciudate și uneori înfricoșătoare, se ivesc pe cer sub forma unui glob strălucitor, tîrînd adesea o coadă uriașă, care strălucește de lumină diafană. Coada e formată din

particule infime de materie. Cometa se mişcă pe o traiectorie parabolică sau hiperbolică, sau mai rar, pe una eliptică alungită, în jurul Soarelui, situat într-unul sau în unicul focar al orbitei.

Spaima care cuprindea pe oameni la apariţia cometelor nu i-a împiedicat totuşi să observe un fenomen curios şi surprinzător : coada cometei este îndreptată întotdeauna într-o direcţie opusă Soarelui, iar traiectoria pe care aleargă cometa formează uneori un unghi aproape drept cu coada pe care o tîrăşte. În anumite poziţii, avem impresia că această coadă trage după sine cometa. Fenomenul acesta nu poate fi explicat cu ajutorul legilor mecanicii, deoarece — potrivit acestora, coada cometei ar trebui să urmeze drumul tangentei geometrice a traiectoriei. Or, după cum am văzut mai sus, nu se întîmplă aşa. Secretul orientării cozii cometei a preocupat aproape pe toţi astronomii de seamă. Kepler considera că acest fenomen se datoreşte faptului că razele Soarelui, care străbat centrul cometei, iau cu ele o parte din substanţa acesteia şi o abat din drum. Bănuiala lui Kepler a fost confirmată de Lebedev. Acesta a dovedit că particelele



Presiunea luminii

infime din coada cometei — și deci însăși coada cometei — sînt mînate în direcția aceea de presiunea luminoasă exercitată asupra lor de razele solare.

Tot cu ajutorul presiunii luminii, Bredichin a explicat de ce cozile de cometă, formate din particule mai ușoare, sînt mai lungi decît cozile de cometă formate din particule mai grele.

Acțiunea exercitată de presiunea luminii ne sugerează imaginea unui automobil oprit pe loc sau abătut din cale de bătaia luminii puternice a unui reflector purtat de un alt vehicul, apărut în față.

Dezlegarea secretului cozilor de cometă a fost, poate, primul caz în care interacțiunea microcosmică dintre substanță și lumină a intervenit pe scara fenomenelor astronomice.

PRESIUNEA LUMINII ȘI STRUCTURA STELELOR

Ca să explice dimensiunile stelelor, astrofizica modernă a recurs și ea la ajutorul presiunii luminii. Statisticile asupra lumii stelelor fixe arată că Soarele se situează printre stelele obișnuite, de mărime mijlocie. Astronomii cunosc corpuri cerești a căror masă este de zeci de ori mai mare decît masa soarelui. Masa unor asemenea corpuri de dimensiuni uriașe se menține sudată într-un bloc unitar datorită acțiunii forței gravitații. Sub acțiunea acesteia, în interiorul corpurilor cerești se produc presiuni uriașe, avînd ca efect ridicarea temperaturii la milioane și zeci de milioane de grade. Dar, din interiorul unor asemenea stele țîșnesc în afară nu



numai raze de lumină, ci și raze Röntgen, raze gama. Radiațiile lor au o direcție opusă forței de gravitație, însă exercită asupra scoarței stelei o presiune mult mai mică decît forța de gravitație. La presiunea luminii și a radiației se mai adaugă și forțele centrifuge care iau naștere prin mișcarea de rotație a stelei și care acționează și ele în direcție opusă forței gravitaționale. Cînd presiunea luminii și forțele centrifuge, toate laolaltă, devin egale cu forța de gravitație, masa stelei nu se mai poate mări, deoarece de la această limită orice creștere a presiunii luminii ar duce, în mod inevitabil, la pierderea masei prin expulzie sau explozie. Limita superioară, determinată pe bază de calcul, a masei stelelor, corespunde bine cu datele de observație.

În felul acesta, creșterea corpurilor gigantice ale macrocosmului este limitată de forța infimă, într-adevăr microscopică, a presiunii luminii, pe care chiar și cele mai sensibile aparate terestre abia reușesc s-o înregistreze.

CE CANTITATE DE LUMINĂ CONSUMĂ PĂMÎNTUL ?

Într-o oarecare măsură, interacțiunea dintre lumină și substanță a fost intuită și de Newton. El scria: „Natura iubește transformările. Atunci, de ce nu s-ar transforma lumina în corpuri și corpurile în lumină?" De atunci și pînă în vremea noastră, intuiția aceasta, cu adevărat genială, a fost confirmată de sute de ori. Astăzi, fizicienii pot să observe cu precizie cum se transformă lumina în cor-

puscule și cum se transformă corpusculele în lumină.

O socoteală simplă, făcută pe baza ecuației lui Einstein, ne arată că energia pe care o primește Pămîntul de la Soare echivalează cu aproape două kilograme de materie pe secundă: aceasta este cantitatea de combustibil solar sau — ca să întrebuințăm limbajul culinar — cantitatea de alimente pe care o consumă Pămîntul ca să se mențină în activitate, ca să-și susțină viața. Aceasta corespunde cu cca. 170 de tone pe zi; hrana zilnică a unei familii mai mari de balene! Nu ne putem deci plînge. Pămîntul nostru este un consumator destul de modest!

Soarele nu alimentează însă cu energie numai Pămîntul, ci întregul sistem planetar. În fiecare secundă, el trimite, sub formă de lumină și sub celelalte forme de radiații, care alcătuiesc cîmpul electromagnetic, aproximativ 4,3 miliarde tone din masa sa. Firește, cantitatea aceasta este uriașă, dacă o vom raporta la dimensiunile pămîntești; pentru Soare însă, ea este neînsemnată. Soarele se aseamănă cu pasărea din legende, care-și hrănește puii cu propriul ei sînge. Dar Soarele, avînd în fiecare secundă o asemenea pierdere, masa lui s-ar epuiza în întregime în decurs de 15 mii de miliarde de ani. Durata aceasta este, după cum se vede, apreciabilă. Locuitorii insulei Laputa nu mai au de ce să fie îngrijorați: Soarele nu va dispare de pe cer așa de curînd!

Uriașa cantitate de energie pe care Soarele o împarte copiilor săi cu dărnicie poate fi asigurată pe o durată de miliarde de ani numai prin transformarea substanței corpusculare în cîmp electromagnetic, în radiații de lumină, căldură și unde radio.

Care sînt însă condițiile fizice necesare pentru ca substanța corpusculară să se transforme în întregime în lumină și în alte forme ale radiației electromagnetice ? Oare există procese fizice care pot elibera energia disponibilă ?

La întrebarea aceasta a dat răspuns cea de a doua descoperire epocală, revoluționară, de la începutul secolului nostru : transformarea naturală a nucleului atomic — (dezintegrarea radioactivă) — și, ulterior, transformarea lui pe cale artificială.

Pierre și Marie Curie au descoperit radiul, un element puternic radioactiv, care emite radiații de o energie înaltă apreciabilă. Un gram de radiu eliberează o energie echivalentă cu 140 calorii mici pe oră. Această eliberare de energie este o consecință a dezintegrării nucleului atomic al radiului. Calculele făcute au stabilit că din dezintegrarea completă a unui singur gram de radiu ar rezulta o cantitate de căldură de cca. 3 miliarde de calorii mici. Cu această cantitate uriașă de căldură s-ar putea topi și transforma în vapori 16 tone de gheață. Cantitatea totală de energie conținută în radiu nu se eliberează însă complet decît extrem de încet, în decurs de mii și mii de decenii. Oricît de încet ar picura energia din nucleul radiului, un lucru e cert : avem la dispoziție un nou izvor pentru obținerea energiei, cu totul deosebit de procesele chimice și mecanice obișnuite, și de milioane de ori mai bogat decît acestea : transmutația naturală, spontană a nucleului atomic.

Încă pe atunci, în 1905, Pierre Curie a presimțit cu o remarcabilă intuiție și claritate pericolul social care se ascunde în noua sursă de energie : „Ne putem închipui că în mîini criminale radiul poate deveni foarte periculos și ne întrebăm dacă omeni-

rea are oare de cîștigat ceva de pe urma deslușirii secretelor naturii; dacă ea este suficient de matură pentru a profita de pe urma acesteia; și dacă, cunoașterea lor nu este cumva nocivă. Exemplul descoperirii lui Nobel este caracteristic: explozivi puternici au permis omului să înfăptuiască opere minunate. Dar aceștia sînt în același timp un teribil mijloc de distrugere în mîinile marilor criminali, care ucid popoarele în timpul războaielor. Eu cred, împreună cu Nobel, că totuși omenirea va obține mai mult bine decît rău de pe urma marilor descoperiri".

Avem dovezi neîndoielnice că nici Soarele și nici stelele nu sînt formate din uraniu sau din radiu. Dar nici nu este nevoie. S-a putut stabili încă de atunci că energia atomică poate fi eliberată nu numai prin dezintegrarea, ci și prin fuziunea nucleelor atomice. Astfel, profesorul Soddy, unul din celebrii cercetători ai radioactivității, a formulat această idee — care pe atunci nu era decît o foarte vagă presupunere — încă din 1908. Bănuiala aceasta avea însă chiar de pe atunci o mare șansă de certitudine, de aceea Soddy scria plin de entuziasm: „Oricum ar fi, concepțiile noastre despre universul fizic s-au schimbat definitiv. Nu mai sîntem locuitorii unei lumi care agonizează lent în urma epuizării energiei sale fizice. Aparținem unui univers care — datorită energiei lăuntrice a elementelor materiale din care este alcătuit — dispune de mijloace de întinerire continuă, pentru timpuri imense".

În 1919 s-a făcut un pas hotărîtor înainte: în laboratorul Cavendish din Cambridge, Rutherford a reușit ca, prin fuziunea azotului cu heliu, să obțină oxigen și hidrogen.

Nucleul atomului de azot este alcătuit din 14 particule elementare, numite nucleoni: 7 protoni încărcați cu electricitate pozitivă și 7 neutroni, neu-



tri din punct de vedere electric. Nucleul atomului de heliu are 4 particule elementare: 2 protoni și 2 neutroni. Noul atom de oxigen a luat naștere din fuziunea acestora și este format dintr-un nucleu compus din 17 particule elementare, 8 protoni și 9 neutroni. A mai rămas liber doar un singur proton, care nu-i altceva decît însuși nucleul atomului de hidrogen.

Coliziunea azotului cu heliul, obținută de Rutherford, poate fi exprimată pe scurt, prin următoarea formulă:



$$N^{14}_{7} + He^{4}_{2} \longrightarrow O^{17}_{8} + H^{1}_{1}$$

Cifrele de sus ale simbolurilor reprezintă numărul de nucleoni, iar cifrele de jos, numărul de protoni.

Oxigenul obținut pe această cale diferă de oxigenul obișnuit. Nucleul oxigenului obișnuit este compus numai din 16 nucleoni: 8 protoni și 8 neutroni, $\left(O^{16}_{8}\right)$ pe cînd oxigenul obținut prin reacția lui Rutherford este un izotop al oxigenului, care conține 9 neutroni în loc de 8. Aceste două feluri de oxigen nu se deosebesc decît foarte puțin, în privința masei — cea a oxigenului obișnuit fiind ceva mai mică — pe cînd din punct de vedere al proprietăților chimice sînt absolut identice, proprietățile chimice fiind determinate de numărul protonilor care compun nucleul. Un atom de oxigen, obținut prin coliziunea azotului cu heliul, este mai greu cu 3 particule elementare decît atomul de azot, de la care s-a pornit. S-a confirmat astfel că sînt deci posibile și reacții nucleare opuse dezintegrării radioactive, reacții de sinteză care duc la formarea, din atomi cu o greutate mică, a unor

atomi mai grei şi cu o structură mai complicată. În felul acesta s-a realizat, aşa cum a spus însuşi Rutherford, şi visul secular al alchimiştilor de a transforma un element în alt element!

PRIMA IPOTEZĂ

Bazîndu-se pe aceste rezultate, la o conferinţă din 1920, a Asociaţiei britanice pentru progresul ştiinţei ţinută la Cardiff, Eddington a sugerat ideea că în Soare şi în stele probabil are loc sinteza heliului din hidrogen, urmată de eliberarea unei cantităţi uriaşe de energie. Aceeaşi idee a fost emisă în mod independent de Jean Perrin, în 1921. Amîndoi şi-au bazat ipoteza pe recentele rezultate ale lui Aston, care a arătat că patru atomi de hidrogen au o masă cu cca. 0,7% mai grea ca masa unui atom de heliu.

Perrin a atras atenţia că, dacă heliul poate fi produs într-adevăr pe cale sintetică din hidrogen, atunci, conform ecuaţiei lui Einstein, în timpul acestui proces trebuie să se elibereze neapărat o uriaşă cantitate de energie.

De unde rezultă aceasta?

Iată de unde: greutatea atomului de hidrogen şi greutatea atomului de heliu sînt cunoscute cu precizie. O socoteală simplă — pe care o poate face orice gospodină — ne arată că 4 atomi de hidrogen reprezintă laolaltă 4,03257 unităţi de masă atomică, pe cînd greutatea atomului de heliu numai 4,00387, deci cu 0,02870 unităţi atomice mai puţin*.

Aceasta înseamnă că, dacă într-un fel oarecare 4 atomi de hidrogen s-au unit formînd un atom de heliu, atunci cca. a 1/133-a parte din masa care participă la reacţie se pierde sau, mai corect, se

* În mod convenţional s-a stabilit că greutatea unei unităţi atomice e egală cu a 16-a parte din greutatea atomului de oxigen.

transformă, pierzîndu-și înfățișarea corpusculară, substanțială, devenind radiație electromagnetică de aceeași masă.

Dar, cum am arătat mai înainte, orice variație a mărimii masei este însoțită și de o variație corespunzătoare de energie. Bazat pe formula lui Einstein, Perrin a stabilit prin calcule că pierderilor de masă, care se produc atunci cînd un gram de hidrogen se transformă în heliu, le corespunde o pierdere de energie egală cu aproximativ 160 de miliarde calorii mici*. Firește, cuvîntul „pierdere" are aici un înțeles destul de relativ: ceea ce pierde hidrogenul și heliul îl cîștigă mediul înconjurător.

Iată dar cum o simplă experiență — aceea a lui Rutherford — a fost suficientă pentru a zdruncina dogma imuabilității chimice a elementelor. Această unică experiență a fost suficientă pentru a demonstra **posibilitatea** formării unor elemente chimice mai complicate din alte elemente mai simple, prin intervenția omului și a mijloacelor sale. O singură experiență efectuată în lumea microcosmului a fost suficientă pentru a da prima explicație cu privire la economia energetică din cosmos, explicație care concordă cu faptele observate. Iată cum un atom de azot și de heliu au aruncat o lumină neașteptată asupra întregului macrocosm.

COMBINAREA ATOMILOR — COMBINAREA NUCLEELOR

Ajunși aici, să facem un scurt popas și să comparăm transformarea hidrogenului în heliu cu arderea cărbunelui.

* Cînd 4 gr hidrogen se transformă în 4 gr heliu, defectul de masă este de 0,0287 gr. substanță. Acestuia îi corespund cca. 617 miliarde calorii mici, deci 154 miliarde pe gram.

Înainte de toate, trebuie să stabilim cu precizie cînd anume ne folosim de măsurători directe și cînd recurgem la deducții, bazate pe calcule.

Cînd am ars cele 10 tone de cărbune, am măsurat direct căldura care s-a degajat, și pe baza rezultatelor obținute am dedus, prin calcule, cantitatea masei „pierdute". Subliniem : prin **calcule,** deoarece pe altă cale nici nu-i posibil. Nu există cîntar care să ne poată indica o lipsă de 4 miligrame la 10 tone.

Dacă Lavoisier sau Lomonosov ar fi dispus de un cîntar atît de precis, s-ar fi aflat, desigur, într-o situație extrem de dificilă (în ipoteza că nu cunoșteau teoria relativității). Ei ar fi ars, într-o retortă perfect închisă, din care nu poate scăpa nici un singur atom, 10 tone de cărbune, și, după combustie, ar fi avut neplăcuta surpriză să constate că greutatea retortei a scăzut cu 4 miligrame. Firește, chimiștii secolului al XVIII-lea n-ar fi avut de unde să știe că aceste 4 miligrame s-au transformat în radiații de lumină și căldură, ca vrăjitorul din poveste, care — prefăcîndu-se în ceață — a scăpat pe gaura cheii. Fiindcă, de fapt, dacă am putea cîntări masa luminii și a radiației produsă cu ocazia arderii, am da numaidecît de urma celor 4 miligrame pe care le credeam pierdute.

Dimpotrivă, în cazul celălalt, cînd producem heliul pe calea sintezei, avem posibilitatea să măsurăm direct masa, în schimb cantitatea de energie degajată n-o putem stabili decît numai prin deducții matematice. De altfel, sinteza heliului nici nu fusese făcută decît ipotetic, și pe vremea lui Soddy nimeni nu știa și nu credea că ar putea fi realizată pe cale artificială, în laborator.

Și acum, un alt lucru asupra căruia trebuie să atragem atenția : marea deosebire cantitativă dintre pierderile de masă care se produc în timpul celor două reacții descrise. Cînd se transformă 10

tone de hidrogen în heliu, „pierderea" sau „defectul de masă" — cum i se mai spune — este de cca. 72 kg sau, exprimată în miligrame, 72 milioane de miligrame. Prin urmare, în reacția hidrogen-heliu, masa „pierdută" și deci energia eliberată este de aproximativ 18 milioane de ori mai mare decît „pierderea" de masă și energie care însoțește combustia chimică a cărbunelui. O cifră destul de mare! Și totuși, o asemenea pierdere n-ar putea fi indicată direct de nici un cîntar obișnuit.

Ținînd seama că mărimea energiei degajate în timpul reacției oglindește foarte bine tăria coeziunii dintre elementele care s-au unit, cifrele de mai sus ne dau posibilitatea să înțelegem bine de ce este mai tare sudat și mai trainic nucleul de heliu format din nucleele de hidrogen, decît combinația chimică dintre carbon și oxigen, care ia naștere prin arderea cărbunelui.

Cercetările astronomice au dus, încă din al doilea deceniu al secolului nostru, la determinarea compoziției Soarelui și a multor altor stele asemănătoare. Astfel, s-a stabilit că aproape 2/3 (exact: 57%) din masa Soarelui este formată din hidrogen, ceea ce — dat fiind că hidrogenul are greutatea cea mai mică dintre toate elementele — înseamnă că partea cea mai mare din volumul acestui astru este formată din hidrogen. În Soare se găsește de asemenea și o mare cantitate de heliu. De altfel, heliul a fost descoperit pentru prima dată, prin analiză spectrală, chiar în Soare, numit de greci „helios" — de unde vine și numele acestui gaz și abia mai tîrziu a fost identificată existența lui pe pămînt.

Potrivit ipotezei lui Eddington și Perrin, hidrogenul e combustibilul care întreține viața Soarelui, iar heliul — zgura, cenușa rezultată din ardere.

În cazul reacției hidrogen-heliu, Soarele nu-și risipește toată rezerva de materie, ci numai un

procent din ea. Dar, chiar așa, dacă intensitatea radiației nu scade, hidrogenul de care dispune i-ar fi fost suficient pentru vreo 100—150 de miliarde de ani. Precum s-a adeverit ulterior, Soarele nu-și poate consuma mai mult de 10% din rezervele sale de hidrogen — așa că durata vieții sale nu poate fi mult peste 10 miliarde ani.

Dintre cele două ipoteze: — pierderea treptată a întregii rezerve de materie și pierderea de materie care are loc în timpul producerii, prin sinteză, a heliului — cea verosimilă este aceasta din urmă, susținută de nenumărate probe obținute de-a lungul timpului.

TEORIE ȘI PRACTICĂ

În felul acesta, originea energiei radiației solare ar putea fi, în linii mari, explicată, dacă, firește, omul izbutește să facă dovada că forțele care guvernează în interiorul Soarelui sînt în stare să producă fuziunea nucleelor de hidrogen, sau, eventual, alte reacții nucleare de sinteză. Dar, în 1920 și 1921, nici Eddington, nici Perrin nu puteau furniza o asemenea demonstrație: ei nici nu-și puteau imagina măcar un proces nuclear concret, care să ducă la transformările finale necesare. Deși mecanismul concret al sintezei heliului le era încă inaccesibil, totuși în general posibilitatea unor sinteze nucleare în natură era sprijinită de realizarea, deocamdată, a unei prime sinteze artificiale, în 1919. „Și ceea ce este posibil în laboratorul Cavendish nu poate fi dificil de realizat nici în Soare", a spus

Eddington în alocuţia sa de la Cardiff. Singurul punct de sprijin pentru acceptarea unor sinteze nucleare în Soare era, deocamdată, convingerea, (de natură pur filozofică) a unităţii legilor naturii, care permite extinderea rezultatelor de laborator asupra stelelor şi nebuloaselor din Univers. Însă, încă înainte de a găsi mecanismul concret al sintezei nucleare stelare, trebuia verificată formula lui Einstein în domeniul proceselor energetice nucleare: este oare într-adevăr posibil ca în urma unei pierderi de masă a substanţei nucleare să se elibereze o cantitate de energie proporţională cu masa pierdută ?

Ca să spulberăm orice îngrijorare, anticipăm că s-a reuşit. Chiar din primii ani ai celui de-al treilea deceniu al secolului nostru, în urma unei munci încordate de peste 20 ani, cercetările fizicienilor, împletite cu cele ale astronomilor, au confirmat pe deplin toate ipotezele.

Acesta nu este primul caz din istoria ştiinţei, cînd omul a încercat să dezlege tainele stelelor cu ajutorul măsurătorilor efectuate pe Pămînt. Astfel a procedat, la vremea lui, şi Newton. Dar, trebuie să recunoaştem, s-a întîmplat şi invers; nu rareori au fost cazurile cînd omul a cerut sprijinul cerului pentru a descoperi secretele Pămîntului şi a-şi pune în slujba sa forţele naturii. Pe această cale au mers alchimiştii, astrologii secolelor trecute, dar n-au izbutit. Omul a reuşit să devină stăpînul naturii numai după ce a învăţat să asculte de legile ei şi să se sprijine pe ştiinţă. Într-adevăr, epoca noastră a reuşit să folosească ştiinţa stelelor în rezolvarea problemelor teoretice şi practice ale vieţii pămîntene, pentru că omul a învăţat să respecte cu strictețe legile naturii. În Soare, pe Pămînt sau pe Sirius, natura se supune aceloraşi legi.

PUŢINĂ ENERGETICĂ

Să vedem acum cum s-a ajuns la verificarea ipotezelor noastre. Cu acest prilej vom lua cunoştinţă şi de un exemplu instructiv, referitor la împletirea şi interdependenţa permanentă dintre cercetările de fizică atomică şi cele de astronomie.

Pentru ca nucleele a doi atomi să se unească unul cu altul şi să dea naştere unui atom al unui alt element, avem — fireşte — nevoie de energie. Nucleul fiecăruia din cei doi atomi are o anumită masă şi greutate şi este înconjurat, de jur împrejur, ca într-o carapace puternică, de o barieră de potenţial electric. Ca să se poată realiza sinteza celor două nuclee, trebuie înfrîntă o rezistenţă uriaşă. Acest lucru este posibil numai dacă se izbuteşte ca nucleele să se deplaseze cu o viteză extrem de mare. Energia cinetică a corpurilor depinde de viteză; ea este proporţională cu masa corpului şi cu pătratul vitezei. Astfel, dacă o bilă de plumb, care înaintează cu o viteză de 1 km pe minut, dispune de o anumită energie, atunci, dublîndu-se viteza, energia sa va deveni de patru ori mai mare. Prin urmare, cu cît vom mări viteza nucleului atomic, cu atît energia de care va dispune va fi mai mare şi va putea să înfrîngă rezistenţe din ce în ce mai mari. Picătura de apă care se rostogoleşte agale nu-i în stare să pătrundă nici măcar printr-o bucăţică de unt, pe cînd aceeaşi picătură, dacă se mişcă cu o viteză mare, poate să găurească chiar şi o stîncă. Ca să dobîndească energia cinetică, de care avem nevoie, nucleele atomice trebuie să capete o viteză uriaşă.

Dar, cum se poate imprima o asemenea viteză nucleelor atomice, sau particulelor elementare din care sînt formate acestea? Teoretic, răspunsul e

foarte simplu ; cu ajutorul căldurii sau al electricității și magnetismului.

Se știe că prin încălzire moleculele și atomii tuturor corpurilor își măresc viteza.

Energia particulelor de dimensiuni atomice se măsoară în unități specifice, numite electron-volți. Un electron-volt reprezintă energia cinetică pe care o dobîndește un electron cînd este accelerat de o tensiune de 1 volt, sau, cu alte cuvinte, cînd între limitele drumului parcurs de electron există o diferență de potențial de 1 volt.

O altă unitate de măsură, de astă dată a energiei cinetice a corpurilor, este kilogrammetrul. Un kilogrammetru este egal cu energia pe care o capătă un corp cu o masă de 1 kg căzînd liber, sub acțiunea forței gravitaționale, de la înălțimea de un metru. Cantitatea de energie pe care o dobîndesc corpurile care cad liber e în funcție de masa lor și de diferența de nivel pe care o parcurg în cădere.

Dacă în loc de forța gravitațională, asupra corpurilor acționează forța electrică, atunci în locul diferenței de nivel parcursă de corpul în cădere avem tensiunea cîmpului electric sau, cum se mai numește, diferența de potențial, iar locul masei mecanice îl ia sarcina electrică a corpusculului. Cantitatea de energie cinetică dobîndită de corpul care se mișcă sub influența forței electrice depinde de masa electrică (sarcina electrică) a corpului și de diferența de nivel electric (diferența de potențial). Unitatea de măsură a tensiunii electrice, respectiv a diferenței de potențial electric, este voltul.

Firește, electron-voltul (eV) poate fi exprimat și în kilogrammetri (kgm) ; 1 kilogrammetru este ceva mai mare de 60 000 milioane miliarde electron-volți, sau, exprimînd același lucru în simboluri :

$$1 \text{ kgm} = 6{,}12 . 10^{19} \text{ eV} = 6{,}12 . 10^{13} \text{ MeV}$$

unde MeV este simbolul unui milion de eV.

O calorie mică echivalează cu o cantitate de energie ceva mai mică decît o jumătate de kilogrammetru (1 cal = 0,426 kgm) și este egală cu $2{,}61 . 10^{19}$ electron-volți, iar 1 kilowatt-oră echivalează cu o cantitate de energie de 860 de mii de ori mai mare decît o calorie mică.

Frecvent se utilizează și **erg**-ul ca unitate de energie. Un erg este cca. a suta milionime parte dintr-un kgm și este echivalentul a cca. 624 miliarde eV.

În comparație cu cele arătate, unei unități de masă atomică îi corespund, conform ecuației lui Einstein, mai mult de 900 milioane de electroni-volți:

o unitate de masă atomică = $9{,}32 . 10^{8}$ eV

Defectului de masă, egal cu 0,0287 unități de masă atomică, ce apare la formarea unui nucleu de heliu îi corespund 26,7 MeV.

	MeV	UM*	gr	kgm	cal	erg
1 MeV	1	$1{,}0739 \times 10^{-3}$	$1{,}782 \times 10^{-27}$	$1{,}634 \times 10^{-14}$	$3{,}829 \times 10^{-14}$	$1{,}602 \times 10^{-6}$
1 UM*	$9{,}3172 \times 10^{2}$	1	$1{,}660 \times 10^{-24}$	$1{,}521 \times 10^{-11}$	$3{,}565 \times 10^{-11}$	$1{,}492 \times 10^{-3}$
1 gr	$5{,}61 \times 10^{26}$	$6{,}12 \times 10^{23}$	1	$0{,}91651 \times 10^{13}$	$2{,}1474 \times 10^{13}$	$8{,}9684 \times 10^{20}$
1 kgm	$6{,}12 \times 10^{13}$	$6{,}57 \times 10^{-10}$	$1{,}0912 \times 10^{-13}$	1	2,3430	$0{,}98067 \times 10^{8}$
1 cal	$2{,}612 \times 10^{13}$	$2{,}804 \times 10^{30}$	$4{,}6576 \times 10^{-14}$	0,42680	1	$4{,}18550 \times 10^{7}$
1 erg	$6{,}24 \times 10^{5}$	$6{,}70 \times 10^{-2}$	$1{,}427 \times 10^{-21}$	$1{,}0172 \times 10^{-8}$	$2{,}3892 \times 10^{-8}$	1

În aer, ca să se formeze o pereche de ioni sînt necesari 33 de electroni-volți. Ion se cheamă ato-

* „UM" înseamnă unitate de masă atomică.

mul lipsit de unul sau mai mulți electroni periferici (ion pozitiv) sau atomul căruia i s-au adăugat electroni (ion negativ). Procesul în care iau naștere ioni poartă numele de ionizare. Prin urmare, ca să se formeze în aer o pereche de ioni este necesară atîta energie, cîtă dobîndește un singur electron la o tensiune de 33 volți. Aceasta nu-i mult. Prin urmare, ca să desprindem cîțiva electroni din învelișul atomului, este suficientă o foarte mică energie.

Pentru a detașa însă o particulă din nucleul atomului, este nevoie de o energie cu mult mai mare. Dar, încă înainte ca omul să fi învățat cum să accelereze nucleele atomilor, pentru a obține fuziunea lor, natura i-a pus la dispoziție două surse importante de proiectile atomice de mare viteză.

RADIOACTIVITATEA — ARTILERIA UȘOARĂ NUCLEARĂ

Prima sursă dintre acestea era și este radiația radioactivă. Din nucleele atomice ale substanțelor radioactive, țîșnește incontinuu un șuvoi de particule înzestrate cu energii, ce se ridică la sute de mii și chiar milioane de electron-volți.

Șuvoiul de particule care țîșnește din interiorul nucleelor de radiu se compune din nucleele atomilor de heliu dotate cu o mare viteză. Particulele acestea poartă numele de particule alfa, iar șuvoiul de particule — radiație alfa.

Energia de care dispune un asemenea nucleu de heliu (particulă alfa) este de 7,8 milioane electronvolți, o cantitate, după cum se vede, considerabilă ! O singură particulă de acestea poate să smul-



gă, într-o fracţiune de secundă, electronii a 200 000 de atomi din aer. Tocmai de aceea energia nucleelor de heliu expulzate de radiu se determină numărîndu-se cîte perechi de ioni s-au format sub acţiunea unei asemenea particule alfa.

Metoda aceasta a rămas încă pînă în prezent una dintre cele mai răspîndite metode de determinare a energiei particulelor. Mare răbdare au trebuit să aibă primii fizicieni atomişti! Acum, munca obositoare a numărătorii o fac, repede şi cu cea mai mare precizie, aparate speciale, contoare (sau numărătoare) de particule, care calculează automat şi rezultatul.

O asemenea energie, care se ridică la cîteva milioane de electron-volţi, poate fi utilizată cu succes la fuziunea sau dezintegrarea unor nuclee atomice cu o masă de mărime mijlocie. Rutherford a bombardat în 1919, cu nuclee de heliu provenite dintr-o sursă de radiu, nucleul atomului de azot, obţinînd un nucleu atomic nou, care după măsurătorile efectuate s-a dovedit a fi nucleul atomului de oxigen.

OXIGEN — DIN AZOT

Lucrul acesta n-a fost însă, fără îndoială, uşor. Şi în stabilirea acestei concluzii revoluţionare, cunoaşterea precisă a energiei radiaţiei utilizate a jucat un rol decisiv.

Cantitatea de oxigen provenită din azot era atît de neînsemnată, încît ea nu putea fi înregistrată de nici o balanţă şi nici nu putea fi identificată prin vreun procedeu chimic. Dar, abia acolo unde procedeele chimice ori balanţa se arată neputin-

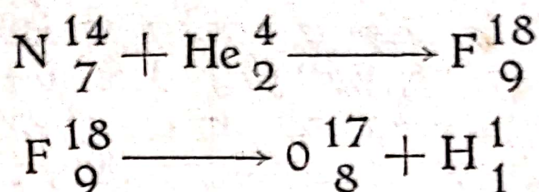
cioase, se manifestă adevărata forță a rațiunii umane.

Cunoștințele, chiar și sumare, pe care le avem în domeniul energeticei, ne permit să pătrundem în amănuntele experienței epocale a lui Rutherford, și astfel să ne dăm seama și să prețuim mai mult măreția și dramatismul eforturilor spiritului uman, depuse în lupta cu natura.

Iată, pe scurt, povestea acestei experiențe. În cercetările sale, Rutherford a observat că radiația alfa, în timpul trecerii prin mediul material, este supusă unei dispersiuni. Acest fenomen este produs de ciocnirea elastică a particulelor alfa cu nucleele atomice ale materiei care formează mediul. De fapt, tocmai această dispersiune a particulelor alfa l-a condus pe Rutherford la descoperirea nucleului atomic. Ciocnirea dintre particulele alfa și nucleul atomic se supune întru totul legilor mecanicii ; ea se aseamănă cu ciocnirea a două bile de biliard. În anul 1912, C. T. R. Wilson a construit un dispozitiv, cu ajutorul căruia se poate urmări pas cu pas atît drumul particulelor elementare încărcate cu electricitate, cît și toate aventurile lor. Astfel, în vaporii de apă saturați, particulele încărcate cu electricitate lasă în drumul lor urme vizibile, provocînd — pe unde trec — formarea de picături de apă. Fizicienii numesc această urmă vizibilă **track.** Particulele care se ciocnesc de nucleul unui alt atom lasă un track bifurcat, așa-numita **furcă.** De pildă, atunci cînd în camera Wilson, încărcată cu heliu, pătrunde radiația alfa, compusă din nuclee de atomi de heliu, imediat apar asemenea furci. Măsurătorile au stabilit că, de exemplu, în cazul acesta cele două ramuri ale furcii sînt la fel de lungi și că unghiul format între ele este un unghi drept. Aceasta confirmă faptul că ceea ce observăm pe placa fotografică este urma ciocnirii elastice a două corpuscule cu mase egale.

Dar, în afară de dispersiunea normală, provocată de ciocnirea elastică, Rutherford a mai observat — mai ales în cazul elementelor cu greutate atomică mică — și o dispersiune anormală a radiației alfa. El a explicat acest fenomen prin pătrunderea particulelor alfa în nucleele atomice ale substanței, care constituie mediul. Ca să dovedească aceasta, Rutherford a îndreptat radiația alfa, emisă de radiu, asupra atomilor de azot în stare gazoasă, aflați în perfectă stare de puritate chimică, într-un vas închis. Energia particulelor alfa care țîșnesc din atomii de Ra C′ este de 7,8 milioane electroni-volți (7,8 MeV), iar viteza lor se urcă la 20 000 km pe secundă. La o distanță de 28 cm de izvorul radiației alfa, Rutherford a fixat un ecran sensibil. Sub acțiunea particulelor alfa, protonii, aflați într-o goană amețitoare, ating ecranul, și atunci apar pe acesta mici scintilații luminoase. Cu ajutorul acestei experiențe, Rutherford a dovedit că radiația alfa emisă de Ra C′ este absorbită în întregime de aer, astfel că nu mai ajunge nici pînă la ecran. Totuși, pe ecran apar niște puncte luminoase, observabile numai cu microscopul, însă numai atunci cînd vasul în care se face experiența este umplut cu azot; în cazul altui gaz, punctele luminoase nu mai apar.

Rutherford a măsurat lungimea drumului parcurs de particulele care provoacă scintilațiile ecranului, sarcina electrică și masa lor, stabilind astfel că particulele sînt protoni, adică nuclee de atomi de hidrogen. Acești protoni nu puteau să ia naștere decît în felul următor: o parte din particulele alfa au pătruns în nucleul atomilor de azot și au format un nucleu atomic de tranziție, instabil, compus din 18 nucleoni, care s-a dezintegrat imediat și, eliberînd protonul, s-a transformat în izotopul-17 al oxigenului, după formula:



$$N^{14}_{7} + He^{4}_{2} \longrightarrow F^{18}_{9}$$

$$F^{18}_{9} \longrightarrow O^{17}_{8} + H^{1}_{1}$$

Ținînd seama de lungimea drumului străbătut de protonii rezultați din reacție, s-a putut deduce că fiecare din ei dispuneau de o energie de cca. 6 milioane electron-volți. Deoarece energia particulelor alfa care au transformat nucleul atomului de azot a fost de cca. 7 800 000 electron-volți, înseamnă că smulgerea unui proton din nucleul atomului de azot necesită o cantitate de energie de aproximativ 1 800 000 electron-volți.

Concluziile lui Rutherford au fost confirmate mai tîrziu, prin deceniul al treilea al secolului nostru, de către Blackett, cu ajutorul fotografiilor obținute cu camera Wilson.

Particulele alfa, dotate cu o mare viteză, pătrunzînd în camera Wilson, încărcată cu azot, au lăsat niște urme în formă de furci, la care una din ramuri era cu mult mai scurtă și mai groasă decît urma cunoscută a particulelor alfa, iar cealaltă mai subțire și mai lungă decît prima. Dacă furca ne-ar indica imaginea ciocnirii elastice dintre nucleele de azot și particulele alfa, atunci unul din brațele furcii ar fi neapărat urma lăsată de particula alfa. Dar măsurarea brațelor furcii și a unghiului format între ele a arătat că unul din acestea (cel gros și scurt) reprezintă urma lăsată de nucleul atomului de oxigen, iar celălalt (cel subțire), urma lăsată de proton. Particula alfa, care a bombardat nucleul atomului de hidrogen, a fost înghițită de nucleul azotului.

Blackett n-a avut o treabă ușoară. Cercetările au dovedit că, în medie, dintre particulele alfa emise de Ra C', abia una la 500 000 provoacă transformarea nucleului de azot în oxigen. Totuși, Blackett a

avut noroc: dintre cele 23 000 de fotografii pe care le-a făcut, opt înregistrează furca, care indică atît de caracteristic transformarea azotului în oxigen.

Fizicianul, pornit cu radiația alfa în urmărirea nucleului de azot, se asemăna cu un vînător, care ar trage cu o încărcătură de alice într-un stol de rațe sălbatice, aflate la cîțiva kilometri departe una de alta și zburînd în zig-zaguri neregulate. Și nu știu dacă s-ar găsi vreun vînător care să se hazardeze la o asemenea vînătoare. Dar, chiar și așa, situația destul de defavorabilă a fizicianului e înrăutățită încă și mai mult de împrejurarea că lui nu i se îngăduie nici un fel de povești vînătorești.

Per aspera ad astra: drumul spre succes și renume este anevoios nu numai în lumea stelelor, ci și în aceea a atomilor.

ALTE SURSE

Radiațiile emise de substanțele radioactive dispun de energii de ordinul milioanelor de electron-volți.

Astăzi se cunosc însă și izvoare care furnizează o energie mult mai mare decît acestea. Unul dintre ele este, de pildă, cunoscutul fenomen al fisiunii nucleului, pe care se bazează utilizarea practică în proporție industrială a energiei atomice. Sub acțiunea unui neutron lent, nucleul izotopului 235 al uraniului U^{235}_{92} se sparge în două părți de mărimi apropiate. Fisiunea unui singur nucleu U^{235}_{92} este însoțită de eliberarea unei energii de 170 milioane eV. Aceasta înseamnă că explozia a 300 miliarde

de nuclee de uraniu produce o energie de 1 kgm, adică o energie în stare să arunce la o înălțime de 1 m o bilă de 1 kg. Deși cifra de 300 miliarde ($3 . 10^{11}$) ne pare enormă, în realitate acest număr mare de atomi reprezintă doar aproximativ a zecea miliarda parte dintr-un gram de uraniu. Ca să ridicăm temperatura unui gram de apă de la 15° C, la 16° C, este suficientă energia produsă de fisiunea a numai 120 miliarde de atomi U^{235}.

Natura ne pune însă la dispoziție și particule cu o energie mult mai mare decît cea izvorîtă din atomii radioactivi și cei supuși fisiunii. Aceste particule nu mai provin însă din nucleele atomice terestre, ci din spațiile nemărginite ale cosmosului.

RAZELE COSMICE

Razele cosmice — nuclee ale unor atomi mai ușori și mai grei — ne vin din spațiul interstelar, sub forma unor stropi dotați cu o extraordinară putere de pătrundere, a unei ploi cosmice care se cerne necontenit deasupra Pămîntului.

Ca și radioactivitatea, radiația cosmică a fost descoperită și ea tot printr-o întîmplare.

Încă pe la începutul secolului nostru, fizicienilor li s-a părut curios că aparatele lor electrice de măsurat semnalau în permanență formarea și prezența ionilor, chiar și atunci cînd în apropiere nu se afla nici o sursă radioactivă care să provoace ionizarea, iar aparatele lor erau perfect izolate electric. În fața acestei situații ei au atribuit la început acest fenomen substanțelor radioactive răspîndite în scoarța pămîntului. Credeau că sus, la o mare înălțime în atmosferă, efectul acesta, care altera

întrucîtva rezultatele experienţelor de laborator, va dispare sau, în orice caz, va slăbi.

În anul 1912, în dimineaţa zilei de 7 august, la ora 6, un tînăr fizician, Victor Hess, se înălţă la marginea satului Aussig (Ustinad-Labem din Cehoslovacia) cu un balon, pînă la o înălţime de 5 000 de metri. Luase cu el trei contoare foarte sensibile pentru epoca aceea, pentru numărarea particulelor ionizate. Dar, spre marea lui surpriză, cu cît se ridica mai sus, ionizarea nu numai că nu scădea, ci, dimpotrivă, creştea incontinuu. Astfel, faţă de o pereche de ioni ce se forma pe secundă şi pe centimetru cub de aer, la suprafaţa solului — la o înălţime de 2 km — se formează cam 5—6 perechi. În 1928, Mîşovski şi Tuvim au descoperit că intensitatea radiaţiei variază cu presiunea atmosferică. Baloanele-sondă lansate în 1933 pentru cercetarea stratosferei au atins aproape înălţimea maximă accesibilă lor — 35 kilometri — şi cercetările făcute cu acest prilej au arătat că la înălţimea de 22 km ionizarea atinge punctul maxim, formîndu-se în fiecare centimetru cub de aer cîte 240 perechi de ioni pe secundă faţă de o pereche de ioni de la suprafaţa pămîntului, în timp ce la înălţimea de 35 km proporţia scade la numai 175 perechi de ioni.

RACHETE PENTRU CERCETAREA RAZELOR COSMICE

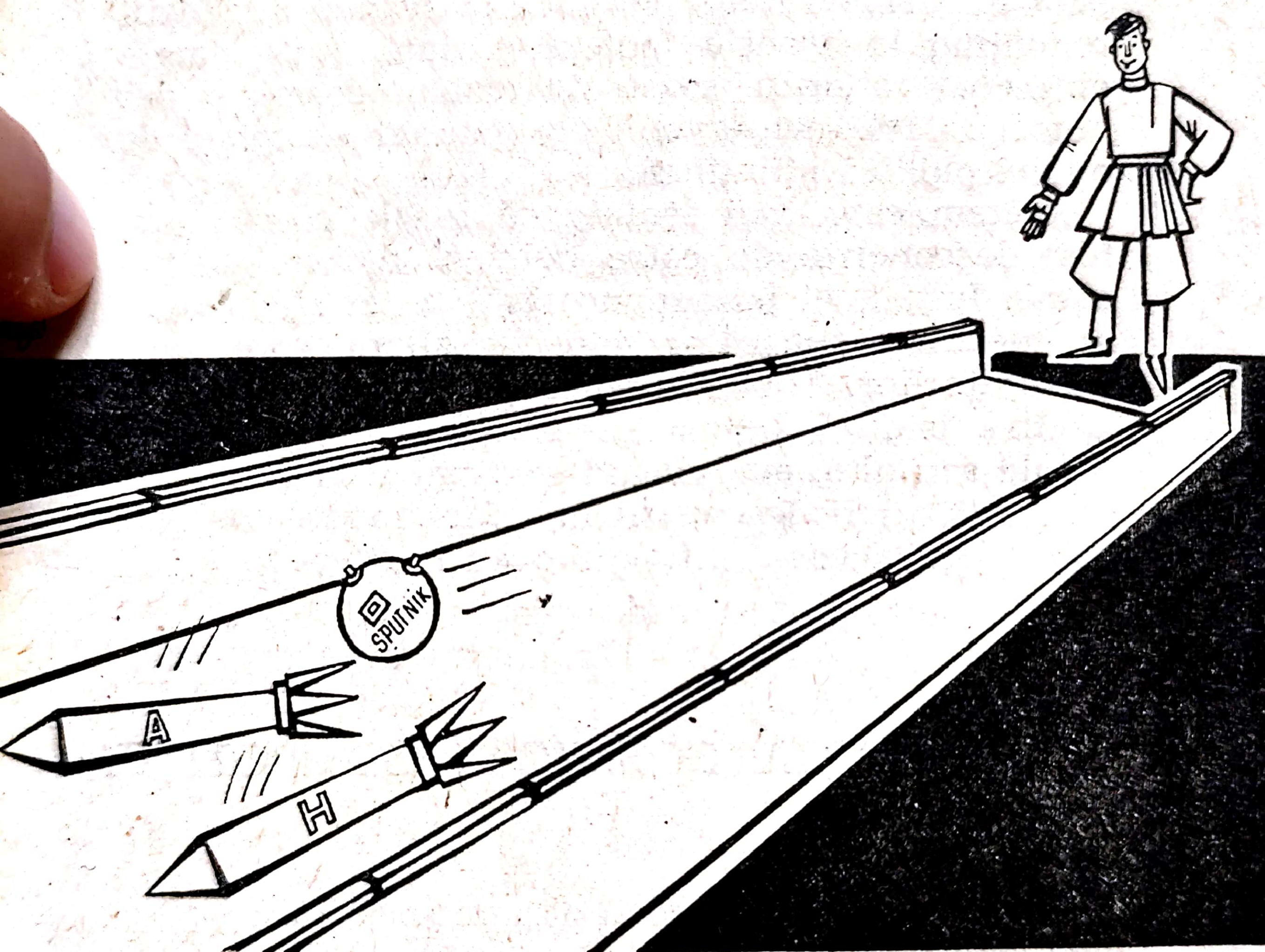
In anul 1948 a fost lansată în văzduh o rachetă V-2, capturată în 1944 de la nazişti, dotată cu un dispozitiv pentru înregistrarea automată a prezenţei ionilor. A fost într-adevăr o întrebuinţare mai utilă dată acestor arme monştri, care în timpul

celui de al doilea război mondial au secerat vieți și au distrus cartiere de locuit din Londra, Conventry și alte orașe. V-2 s-a înălțat pînă la 186 km și a stabilit că, începînd de la 50 km în sus, numărul perechilor de ioni care se formează rămîne foarte constant : cca. 22 pe secundă, față de o pereche de la sol. După aceea, rachetele au început să fie folosite în cercetarea sistematică a radiațiilor cosmice de la marile înălțimi, o muncă — menționez în treacăt — nici ușoară și nici ieftină. Din cele 68 rachete V-2, capturate de la naziști, n-au funcționat bine decît 32. S-au făcut 9 încercări de zbor cu rachete „Viking", dar numai trei au izbutit ; proporția zborurilor reușite la racheta „Bumper", este de 2/8, adică două zboruri izbutite și 8 încercări neizbutite. Racheta „Hermes" fusese proiectată să se mențină în zbor 360 de secunde, dar nu s-a menținut în aer decît 20—160 secunde. Sînt cunoscute eșecurile rachetelor Vanguard, menite să poarte primul și al doilea satelit artificial american.

În schimb, aceste rachete explorează atmosfera și stratosfera, pînă la înălțimi de sute de kilometri. Racheta V-2 a atins 186 km ; „Viking" s-a ridicat, în 1949, pînă la 200 km, iar racheta Bumper-5, formată din două trepte, s-a înălțat pînă la 403 km.

Posibilitățile create de sateliții artificiali ai Pămîntului întrec însă toate aceste realizări. Ziua de 4 octombrie 1957 va rămîne în istorie ca o dată care va depăși în importanță poate și descoperirea continentului american. În această zi a fost lansată pe cer prima lună artificială a Pămîntului, creată de om. Acest eveniment, de o importanță istorico-mondială, este strîns legat de studiul atmosferei superioare : numai cu ajutorul sateliților artificiali se poate realiza o stație de observație a atmosferei superioare. Depășind mult rachetele, care funcționează abia cîteva minute — primul sputnik a

explorat spaţiul la 900 km, al doilea şi al treilea la 1 500 km, iar satelitul american între 300 şi 3 000 km ; şi nu cîteva minute, ci săptămîni de-a rîndul, fără încetare. Unul dintre cele mai importante instrumente purtate de aceste rachete şi sateliţi este



Lovitură sigură

numărătorul de particule, care măsoară gradul de ionizare a mediului străbătut.

După cum s-a stabilit de către fizicienii de la începutul secolului, ionizarea atomilor din atmosferă este provocată de particule elementare, fragmente de nuclee sau nuclee atomice care, dotate cu energii uriaşe, se îndreaptă spre Pămînt, din toate direcţiile Universului.

Totuși, la începutul secolului, lumea științifică a acceptat cu greu existența unor radiații ionizante ce și-ar avea izvorul în spațiile cosmice. Controverse violente s-au încins în jurul problemei ionizării misterioase, în care mulți au căutat să combată existența razelor cosmice și să dea explicații renunțînd la această ipoteză. Totuși, toate datele obținute susțineau existența razelor cosmice, dar numai în 1926 au devenit ele general acceptate de opinia publică științifică.

Arătam ceva mai înainte că razele cosmice au fost descoperite de către fizicieni datorită întîmplării. Inițial, ei își propuseseră ca țel să înlăture un fenomen supărător care le altera rezultatele măsurătorilor. Totuși, examinînd lucrurile în perspectiva istoriei, putem afirma, în orice caz, că pe o cale sau alta, mai curînd sau mai tîrziu, oamenii de știință ar fi descoperit neapărat razele cosmice, chiar dacă această întîmplare nu intervenea.

RADIAȚIA COSMICĂ: COMPOZIȚIE

Fizicienii au fost curioși să cunoască însă nu numai numărul ionilor, ci și traiectoria particulelor cosmice. Ei voiau de asemenea să identifice ce fel de particule au puterea să smulgă electronii de pe învelișul unui atît de mare număr de atomi. În acest scop, ei au lansat la mari înălțimi, cu ajutorul baloanelor și rachetelor, camere Wilson prevăzute cu aparate de fotografiat, iar mai tîrziu plăci fotografice, cu un strat gros de emulsie sensibilă la lumină, care să înregistreze urmele particulelor cosmice ce provocau ionizarea. Rezultatul muncii anevoioase care a durat ani de zile a fost

că, în cele din urmă, s-a reuşit să se separe particulele formate în atmosfera Pămîntului, de cele care ne vin de-a dreptul din Cosmos. Pe baza acestor cercetări s-a stabilit că din spaţiul interplanetar răzbat în atmosfera Pămîntului mai ales protoni, adică nucleele dotate cu o viteză foarte mare ale atomului de hidrogen, dar în afară de aceştia găsim şi nuclee mai grele: heliu, beriliu, bor, azot, oxigen, ba chiar şi nuclee de fier şi nichel. După datele lui Fermi, proporţia nucleelor venite din Cosmos este, în medie, următoarea: la 10 000 nuclee de hidrogen (protoni) — 880 nuclee de heliu, 50 nuclee cu masele atomice cuprinse între 6 şi 9 unităţi — şi 17 nuclee mai grele. Este surprinzător faptul că şuvoiul iniţial, primar, al particulelor cosmice, este aproape cu desăvîrşire lipsit de electroni de mare energie. Cu ajutorul sateliţilor artificiali obţinem date noi cu privire la natura razelor cosmice primare, precum şi la variaţia intensităţii acestora în funcţie de timp şi de loc, de la înălţimile de 1 000 km.

ENERGII

Particulele care însoţesc razele cosmice sparg şi sfarmă nucleele atomilor, cum sfarmă un ciocan automat nucile ori alunele. Ele provoacă diverse transmutaţii în atomii atmosferei, dînd naştere unor izotopi radioactivi în cantităţi suficient de mari pentru a putea fi decelaţi. Astfel ia naştere tritiul (T_1^3), izotopul greu radioactiv al hidrogenului, beriliul 7, carbonul radioactiv, prin sfărîmarea unor nuclee în mai multe fragmente.



Așa cum vînătorul identifică, după urma lăsată, fiara — la fel și fizicianul deduce, din urmele distrugerii produse între atomii din camera Wilson sau ai emulsiei fotografice, cît de mare a fost masa, ce sarcină electrică și ce energie au avut particulele cosmice. Skobelțîn a fost primul care, încă în 1927, a observat că în compoziția radiației cosmice intră particule ionizante de mari energii: pe fotografiile făcute cu ajutorul unei camere Wilson, expuse acțiunii unui intens cîmp magnetic, au apărut urme care traversau spațiul camerei în linie dreaptă, fără să fie abătută din drum de cîmpul magnetic. În 1929, Skobelțîn a observat 32 asemenea urme de mari energii, pe cele 623 fotografii executate de el. Prin acest procedeu s-a stabilit, în primul rînd, că energia particulelor cosmice este de ordinul miliardelor de electron-volți (1 miliard $eV=10^9$ $eV=10^3$ $MeV=1$ BeV). Nucleul atomic, care are nenorocul să se afle în calea unei particule, înzestrate cu atîta energie, se sparge în fragmente cît ai clipi, sau, mai corect spus, se evaporă. Procesul acesta se petrece în a o suta miliarda fracțiune din a miliarda parte a unei secunde (10^{-20} sec.) Energia unora dintre particule atinge nivelul de zece milioane de miliarde de electron-volți (10^{16} $eV=10^7$ BeV), ba, în cazuri mai rare, chiar și o energie de zece miliarde de miliarde de electron-volți (10^{19} $eV=10^{10}$ BeV). Aceasta înseamnă că o singură asemenea particulă infimă, de pildă, un proton, posedă o energie cu care se poate azvîrli un obiect de un gram pînă la o înălțime de 163 metri. Energia a 470 protoni din aceștia este egală cu 180 de calorii mici. Ea poate deci topi și transforma în vapori 1 gr de gheață.

Datorită uriașei lor energii, particulele infime ale radiației cosmice pot să dea naștere la asemenea reacții nucleare, care, cu mijloacele de care dis-

pune pînă acum omul, n-au putut fi reproduse decît abia de curînd și numai parțial.

Originea și energia acestor particule trebuie căutată și ea în fenomenele nucleare complicate, care se desfășoară în stele și în spațiul interstelar.

RADIAȚIA COSMICĂ: ARTILERIA GREA NUCLEARĂ

Iată cum această ploaie cosmică, care se revarsă peste noi din îndepărtata lume a stelelor, a devenit în mîna fizicianului atomist un instrument de lucru de fiecare zi.

Omul își pune acum problema **nu** de a folosi rezultatele obținute, din studiul teoretic al proceselor atomice care se petrec în stele, în scopul reproducerii lor în mic pe Pămînt — ci își propune să înhămeze însuși macrocosmul, chiar stelele îndepărtate, pentru ca, ajutat de ele, să pătrundă în lumea nucleului atomic, să-i dezvăluie secretele și să-i descătușeze energia latentă.

Din punct de vedere teoretic, între felul cum exploatează și supune fizicianul o cataractă și felul cum pune stăpînire și utilizează razele cosmice, nu este nici o deosebire. Ce-i drept însă, torentul cosmic se aseamănă cu o cascadă care-și prăvale apele de la o înălțime de zece mii de metri, avînd însă un debit infim. Razele cosmice nu aduc, în cursul unui întreg an, mai mult de o calorie mică pe fiecare centimetru pătrat al scoarței pămîntești, ceea ce reprezintă o energie de zece mii de ori mai mică decît cea dobîndită prin combustia unui gram de benzină.

Energia transportată de particulele cosmice pînă la noi este egală cu aproape jumătate din energia totală pe care o primește Pămîntul de la stele, o dată cu lumina și căldura. Radiația cosmică nu poate deveni niciodată un izvor practic de energie, utilizabil în industria noastră. Din acest punct de vedere, grindina cosmică nu poate rivaliza nici măcar cu cea mai neînsemnată cădere de apă de pe planeta noastră.

O FEREASTRĂ CĂTRE UNIVERS

Dar, poate fi oare comparat folosul direct pe care l-ar avea omenirea de pe urma radiațiilor cosmice, prin utilizarea lor în industrie, cu contribuția de neprețuit pe care au adus-o particulele cosmice la progresul științei, la lărgirea într-o măsură uriașă a imaginii omului despre univers? Nu cred! De altfel, chiar și influența nemijlocită exercitată în direcția îmbogățirii spirituale a omenirii de către concepția copernicană sau teoria darwinistă a evoluției s-a dovedit a fi incomparabil mai „folositoare" pentru umanitate, decît insignifiantul folos practic rezultat din ele.

Desigur, ulterior, indirect, practica industrială poate trage și ea foloase uriașe de pe urma progresului științei teoretice. Și într-adevăr, așa s-au petrecut lucrurile și cu știința care se ocupa cu studierea radiațiilor cosmice. Aruncînd acum o privire asupra celor petrecute cu ani în urmă, înțelegem limpede că studierea dezintegrărilor produse de particulele cosmice a fost una din cele mai importante căi adiacente, care i-a condus pe fizicieni la drumul principal al eliberării energiei atomice.

Dar în momentul cînd au pornit pe cărarea aceasta îngustă, ba chiar și atunci cînd au început să înainteze pe ea, nimeni nu știa încă unde ducea aceasta.

Oricît de neînsemnată ar fi cantitatea totală de energie adusă de radiația cosmică pînă la noi, pe Pămînt, energia de care dispune fiecare particulă separat este uriașă, ceea ce face ca radiația venită din spațiul interplanetar să joace rolul unui laborator experimental, de proporții gigantice, și — trebuie să adăugăm — în general, mult mai ieftin și mult mai ușor accesibil decît cele de pe Pămînt. În acest laborator cosmic, fizicienii au reușit să verifice practic numeroase concluzii teoretice de importanță hotărîtoare. Dar, laboratorul nuclear cosmic a mai scos la iveală și unele fenomene atît de neașteptate, încît acestea au determinat pe cercetători ca, în domeniul teoriei structurii atomului și, în general, în elaborarea teoriei structurii materiei, să apuce pe drumuri cu desăvîrșire noi.

ELECTRONUL ȘI SIMETRICUL SĂU

De prin 1930 încoace, numeroși fizicieni au început să elaboreze teorii cu privire la fenomenele atomice. Una din preocupările lor principale era elaborarea unei teorii privitoare la comportarea electronului. Pînă atunci, cea mai completă teorie privitoare la electron era cea a fizicianului englez Dirac, elaborată în 1930, pe baza teoriei relativității. Conform teoriei fizicianului englez, în afară de electron există o particulă elementară, identică cu aceasta, dar încărcată cu o sarcină electrică pozitivă, și nu negativă. Tot din teoria lui Dirac

mai rezultă că, în comparație cu electronul negativ obișnuit, electronul pozitiv apare foarte rar. Așa explica el de ce nici nu fusese observat pînă atunci. Electronul pozitiv este oarecum simetricul electronului negativ.

N-a trecut mult și laboratorul nuclear cosmic a și venit în sprijinul teoriei lui Dirac. În 1932, în timp ce se îndeletnicea cu cercetarea radiației cosmice, Anderson a constatat că interiorul aparatului Wilson este străbătut de traiectoria ușor de recunoscut a unor electroni cu viteze remarcabile. Așezînd dispozitivul după metoda lui Skobelțîn, între polii unui magnet puternic, el a constatat cu uimire că traiectoria electronului se bifurcă în două ramuri simetrice. Executînd măsurătorile necesare, s-a constatat că ambele brațe reprezentau urme lăsate de electroni, însă una din ele era urma electronului negativ, bine cunoscut, iar cealaltă era urma electronului pozitiv, prevăzut de Dirac.

Descoperirea lui Anderson a stîrnit o senzație uriașă : aceasta era prima realizare a laboratorului atomic cosmic, cu consecințe teoretice de mare importanță. De atunci, n-a mai trecut mult pînă ce electronul pozitiv a condus pe soții Joliot-Curie la descoperirea radioactivității artificiale, dovedindu-și astfel din plin uriașa sa utilitate.

Soții Curie au mai observat că, după un timp foarte scurt, electronul pozitiv, unindu-se cu cel negativ, dispare și se transformă într-o radiație asemănătoare cu radiația Röntgen, dar mult mai puternică, numită radiația gama. Conform ecuației lui Einstein, masei electronului obișnuit îi corespunde o cantitate de energie de 500 000 de electron-volți ; fotonul gama, care a luat naștere din coliziunea electronului pozitiv cu cel negativ, are deci o energie de 1 milion electron-volți.

Fenomenul acesta al unirii electronului pozitiv cu cel negativ este numit adesea **anihilare.** În cazul

de față însă, electronul propriu-zis nu se anihilează, ci numai substanța lor corpusculară dispare, transformîndu-se în cîmp electro-magnetic, continuînd însă să-și mențină masa. Deosebirea între cele două stări constă doar în faptul că, în noile împrejurări, energia internă ascunsă a electronilor devine ușor accesibilă.

În sfîrșit, se impune să relevăm și fenomenul opus anihilării, denumit cu o îndreptățire tot atît de discutabilă, dar plastic, **materializare.** În cazul că, un foton gama înzestrat cu o energie de peste 1 MeV se ciocnește, să zicem, de o placă de plumb, el va lua din nou o înfățișare substanțială și va da naștere unei perechi de electroni gemeni, unul pozitiv și altul negativ. Într-adevăr, s-a și constatat empiric că, pe placa de plumb așezată în calea razelor gama, emise de atomii radioactivi ThC' și înzestrate cu o energie de 2,6 MeV, au putut fi identificate urmele caracteristice ale perechii gemene electron-pozitron. Totodată, măsurătorile au arătat că energia cinetică totală a perechii gemene este de 1,6 MeV, ceea ce înseamnă că din energia de 2,6 MeV a razei gama n-a mai rămas decît atîta cît să pună în mișcare particulele nou create, iar 1 MeV s-a consumat ca să le dea naștere. Fenomenele acestea corespund întocmai calculelor teoretice.

Dar, în 1951, M. Deutsch a demonstrat pe cale experimentală că, în afară de procesul de materializare, mai există încă un fenomen opus anihilării perechii gemene electron-pozitron. Și anume, pe un interval de timp foarte scurt (cca. 10^{-10} sec, adică a zecea miliardime parte dintr-o secundă), electronul și pozitronul pot forma un sistem atomic numit **pozitroniu,** după care particulele se anihilează, emițînd doi fotoni gama.

Dat fiind că o cantitate de energie de cîteva milioane eV poate fi produsă relativ ușor chiar și

în laborator, s-a creat posibilitatea să se realizeze în prezent și pe cale artificială ceea ce particulele cosmice produc pe cale naturală, dînd astfel posibilitate omului să pătrundă tot mai adînc în tainele razelor cosmice.

Formarea electronilor și a pozitronilor face parte din fenomenele secundare ale radiației cosmice. Fotonul gama, după numai cîteva sute de metri, se transformă în perechea geamănă electron-pozitron.

Fiecare din aceștia, după ce au parcurs o distanță anumită, se transformă din nou în fotoni gama, procesul continuînd mai departe, cuprinzînd spații tot mai largi și mai întinse, pînă cînd energia electronilor nou formați scade într-atîta, încît procesul încetează. Se formează aici o jerbă cosmică, compusă din electroni, pozitroni și fotoni, care se lățește necontenit. Într-un strat de plumb, drumul particulelor se scurtează, iar jerba lasă o urmă foarte clară.

O NOUĂ FAUNĂ NUCLEARĂ: MEZONII

Tot în laboratorul cosmic a fost descoperit și **mezonul.** Cu mezonul, familia particulelor elementare compusă din electron, pozitron, proton, neutron s-a lărgit considerabil, mai ales că mezonul nu este o singură particulă atomică elementară, ci constituie un grup extins care se îmbogățește cu noi membri pe zi ce trece. „Fiecare sezon — un nou mezon" — spunea S. I. Vavilov.

Prin funcțiunile lor, mezonii joacă un rol foarte important în viața nucleului atomic, mai ales în reacțiile nucleare. Mezonii au fost prevăzuți teo-

retic, pe bază de calcule, în 1935, de către fizicianul japonez Yukawa.

Cercetările sale în domeniul fizicii nucleare l-au dus pe teoreticianul japonez la concluzia că între masa electronului și cea a protonului trebuia să mai existe și o particulă de o mărime „intermediară", pe care a numit-o mezon. Conform calculelor sale, masa mezonului trebuia să fie de 200—300 de ori mai mare decît masa electronului (masa protonului este aproape de 2000 de ori mai mare decît masa electronului), iar sarcina lui unitară, adică egală cu sarcina electronului, putînd fi atît pozitivă, cît și negativă. Yukawa a prevăzut că mezonul e instabil, nu se poate menține mult în viață, deoarece se dezintegrează spontan, și în cca. 1/4 milionimi de secundă se transformă în electron. Yukawa a prezis că mezonii vor putea fi descoperiți în radiația cosmică. Procedeul folosit de Yukawa pentru descoperirea mezonului se aseamănă cu acela al jucătorului de cărți care știe precis ce carte-i trebuie ca să cîștige partida; descrierea amănunțită a reacțiilor nucleare a scos la iveală faptul că lipsește o particulă care să aibă proprietățile mai sus arătate. Și, într-adevăr, cu doi ani mai tîrziu, în 1937, Anderson și Neddermayer au descoperit urmele mezonului în aparatul Wilson expus radiației cosmice, iar în anii următori măsurători foarte subtile au dus, pas cu pas, la descoperirea tuturor datelor particulare stabilite teoretic de Yukawa. Noua particulă a fost botezată mezon — mü (mü — prima literă a cuvîntului, de origină greacă, mezon); masa mezonului-mü este egală cu masa a 207 electroni; s-a dovedit că există mezoni-mü și cu sarcină pozitivă și cu sarcină negativă. Cercetările și măsurătorile au stabilit de asemenea că un mezon-mü se menține în această stare numai a 2,15-a milioana parte dintr-o secundă (2,15.10^{-6} sec), deci ceva mai mult ca du-

rata calculată de Yukawa. Acest rezultat a fost una din cele mai strălucite realizări ale tehnicii moderne a măsurătorilor. Nu după mult timp s-a verificat și afirmația făcută cu privire la dezintegrarea mezonilor-mü; Rossi și Nereson au fotografiat mezonul-mü în momentul cînd se dezintegrează într-un electron și în două particule ușoare, neutre din punct de vedere electric, numite neutrino, fenomenea prevăzute de asemenea de Yukawa. (Mezonul-mü pozitiv dă naștere unui electron pozitiv, iar mezonul-mü negativ — unui electron negativ.)

În ciuda tuturor acestor confirmări, mezonul-mü a infirmat totuși una din proprietățile atribuite lui de Yukawa, și anume pe cea esențială. Cercetările experimentale au dovedit că mezonul nu poate să joace în reacțiile nucleare rolul însemnat pe care îl atribuie Yukawa teoretic particulelor elementare determinate prin calcul. Potrivit teoriei lui Yukawa, mezonul pătruns în nucleul atomic ar fi trebuit să provoace dezintegrarea, transformarea nucleului, dar cercetările au demonstrat că efectul exercitat de mezonii-mü asupra nucleului este neînsemnat, și tocmai de aceea ei nu pot produce asemenea transformări. Tot potrivit acestei teorii trebuia ca ciocnirea foarte energică a nucleonilor să fie însoțită de nașterea mezonilor. Experiențele nu au confirmat însă nici această concluzie. În anul 1947, Converzi, Pancini și Piccioni au ajuns la concluzia ultimă că mezonii-mü nu pot fi identici cu particulele despre care vorbise Yukawa.

Cu aceasta, problema mezonului a ajuns în criză, pentru o bucată de vreme. Bethe și Marshak au emis, încă din 1947, ipoteza unei noi particule mezonice, mai grea decît mezonul-mü și care ar putea juca rolul important în viața nucleului, preconizat de Yukawa. Această nouă particulă trebuia, conform teoriei, să se dezintegreze, dînd naștere unui mezon-mü. Misterul a fost dezlegat ceva mai tîrziu,

după ce au fost perfecționate aparatele experimentale. Între timp, pentru înregistrarea urmelor lăsate de razele cosmice, au început să fie folosite tot mai mult, în locul aparatelor Wilson, plăci speciale, prevăzute cu un strat gros, sensibil la lumină.

PREVIZIUNEA LUI YUKAWA SE ADEVEREȘTE : SE DESCOPERĂ MEZONUL-PI

Folosindu-se de plăcile sensibile, Powell a descoperit în anul 1948 că mezonii-mü au o caracteristică curioasă. În cercetările sale făcute la înălțimea de 5 500 m în Anzii Boliviei (laboratorul stabil situat la cea mai mare înălțime din lume), Powell a constatat că plăcile fotografice expuse la acțiunea radiației cosmice înregistrează în stratul cu emulsie sensibilă urma unor mezoni mai grei și lenți. În 644 cazuri, el a observat că, după ce urma acestora se întrerupe, se continuă în toate direcțiile urmele unor mezoni mai ușori și mai iuți. A stabilit că acești mezoni secundari sînt mezonii-mü. Mezonii primari au o masă egală cu masa a 273 electroni ; prin urmare, mezonii primari sînt particule deosebite de mezonii-mü. Datorită caracterului lor primar, aceștia au fost numiți mezoni-pi (după prima literă greacă a cuvîntului primar).

La scurtă vreme după aceea, pe baza măsurătorilor care au urmat, au fost stabilite repede și proprietățile specifice ale mezonului-pi. Astfel s-a constatat că sarcina sa electrică este egală cu cea a electronului, și la fel poate fi sau pozitivă sau negativă.

Mezonul-pi este și el instabil, chiar mai mult instabil decît mezonul-mü, avînd o viață de o sută de ori mai scurtă decît mezonul-mü. Cu alte cuvinte, viața lui se măsoară cu a suta milioana parte dintr-o secundă.

Mezonul-pi se transformă în mezon-mü. mezonul-pi pozitiv, în mezon-mü pozitiv, iar mezonul-pi negativ în mezon-mü negativ. Această transformare este însoțită de nașterea unui neutrino. După acest proces, dezintegrarea mezonilor-mü continuă mai departe, dînd naștere unor electroni negativi sau pozitivi, precum și unor neutrino.

În anul 1949 a fost descoperit un nou mezon : mezonul-pi neutru, liber de orice sarcină electrică. Masa mezonului-pi neutru este de 262 ori mai mare decît masa electronului. Viața lui total instabilă este de un milion de ori mai scurtă chiar decît aceea a unui mezon-pi obișnuit (10^{-14} sec).

Produsul dezintegrării mezonului-pi neutru, spre deosebire de cel al mezonului-pi cu sarcină electrică, nu mai este un mezon, ci un foton gama, înzestrat cu o energie foarte mare, iar în cazuri mai rare (1,5% din totalul cazurilor), un foton gama și o pereche de electroni gemeni, pozitiv și negativ. Lucrările lui Jánossy au dat o confirmare neîndoielnică faptului că nucleele atomice și particulele nucleare dotate cu energii ridicate (de ordinul miliardelor de electron-volți), atunci cînd se ciocnesc, produc o jerbă bogată de mezoni-pi pozitivi, negativi și neutri.

Făcînd dovada că posedă această însușire, mezonul a împlinit și pe cea mai importantă dintre condițiile pe care Yukawa i-o stabilise teoretic cu cîțiva ani în urmă : el a îndeplinit rolul cărții care lipsea din formație și cu care jucătorul a cîștigat partida — mijlocirea reacției între nuclee atomice.

Mezonii iau naștere numai în cazul cînd ciocnirea nucleelor atomice și ciocnirea particulelor nu-

cleare este provocată de o energie de miliarde de electron-volţi. În urma unei asemenea ciocniri, nucleul atomic se sfarmă în bucăţi. Fragmentele nucleului sfărîmat lasă pe stratul sensibil o urmă caracteristică în formă de stea. Numai o ciocnire provocată de o energie atît de mare ca cea menţionată mai sus este însoţită de apariţia mezonilor. Fenomenul acesta poate fi asemănat plastic cu scînteile produse de ciocnirea a două bile de oţel, repezite cu mare energie una într-alta.

Mezonii-pi exercită o acţiune foarte vie asupra nucleelor atomice şi confirmă deci şi în această privinţă teoria lui Yukawa. Dar, indiferent de faptul că potenţialul lor de energie e mai mare sau mai mic, mezonii-pi negativi nu se dezintegrează decît foarte rar : ei intră în interacţiune cu atomii mediului material în care se mişcă şi, după un proces complicat, mezonul captat provoacă explozia nucleului. În cazul mezonului-pi pozitiv, lucrurile nu se petrec în felul acesta decît cu acele particule care dispun de o energie foarte ridicată, fiindcă numai acestea pot să învingă forţa de repulsie a nucleului atomic, încărcat şi el tot cu electricitate pozitivă. Mezonul-pi pozitiv, care posedă o energie scăzută, nu poate pătrunde în nucleu, şi de aceea, potrivit legilor implacabile ale naturii, se dezintegrează.

Cercetările lui Skobelţîn, Dobrotin şi Zaţepin au clarificat, în esenţa lui, mecanismul radiaţiei cosmice din atmosfera Pămîntului, precum şi rolul mezonilor-pi în această zonă.

Avînd o viaţă extrem de scurtă mezonii-pi nu pot proveni din spaţiile interastrale, ci iau naştere în învelişul de aer al Pămîntului, în urma ciocnirii care se produce între particulele cosmice de mare energie (protonii sau nucleele unor elemente mai grele), ajunse pînă la noi, şi nucleele atomilor din

atmosferă. Particulele secundare — protoni, mezoni-pi și eventual fragmente ale nucleelor sfărîmate sau particule elementare — înzestrate cu energie mare și care apar în jerbele nucleare, ce se produc în condițiile arătate mai înainte, provoacă, la rîndul lor, o serie de reacții nucleare, ce se amplifică și se lărgesc necontenit, în cascadă, ca o lavină. Acest fenomen a fost prevăzut încă în 1937 de Homi Bhabha și în 1938 de Oppenheimer.

O parte din mezonii-pi încărcați electric se transformă prin dezintegrare în mezoni-mü de același semn, iar o parte dintre ei se transformă mai departe în electroni pozitivi sau negativi. Însă mezonii, înzestrați cu energie mare, datorită vitezei lor apropiate de viteza luminii și a insensibilității lor față de nucleele atomice, străbat atmosfera în mare goană, fără vreo pierdere importantă, iar partea cea mai mare dintre ei pătrunde în partea superioară a scoarței Pămîntului, care-i absoarbe. Astfel se explică permanenta ploaie de mezoni care stropește necontenit Pămîntul. La nivelul mării, 70% din radiația cosmică este formată din mezonii-mü. Aceștia au o putere de pătrundere uimitoare. Urmele lor pot fi identificate pînă și în fundul celor mai adînci galerii. Mezonii-mü pătrund în corpul nostru în fiecare minut, cu sutele și cu miile. Dacă urmele particulelor care străbat atmosfera ar deveni vizibile, fie și numai pentru o secundă, omul n-ar putea străbate cu privirea dincolo de 2-3 metri. „Și fulgi de foc pe-ntregul șes, cu lină / cădere ning și cad cu necăzut / potop..." Potrivit mărturiei lui Dante, ceea ce nu poate fi observat cu ochiul liber pe Pămînt, devine observabil în Infern, unde, în locul nucleelor atomice, sînt supuși la cazne păcătoșii.

SE LĂRGEȘTE ORIZONTUL

In afară de mezoni, ploaia cosmică mai conține și nuclee grele și nucleoni. Soarta acestora este cunoscută. Ciocnindu-se între ei, protonii și neutronii, înzestrați cu energii mari, produc mezoni-pi. O parte din aceștia se dezintegrează, iar mezonul-pi neutru dă naștere jerbelor electrono-fotonice, descrise mai sus. O altă parte din mezonii-pi pătrund în nucleele atomilor din atmosferă și provoacă explozia în interiorul lor. Lavinele formate de particulele de energie redusă se sting numai după cîțiva metri de drum. În schimb, unele particule dotate cu energie foarte mare pot să dea naștere unor jerbe atît de extinse, încît să se formeze particule cosmice cu miliardele, iar ultima treaptă a jerbei să acopere — precum a arătat Auger — o suprafață de cîțiva kilometri pătrați din suprafața Pămîntului.

In ultimii ani, în afară de mezonii prevăzuți de Yukawa, au mai fost descoperite în radiația cosmică și alte numeroase particule mezonice grele, care nu toate fuseseră prevăzute. Masa unora din aceste particule cosmice întrece ca mărime chiar și masa particulelor nucleare (hiperoni). Particulele nou descoperite au un rol foarte important în reacțiile nucleare și ridică probleme teoretice extrem de dificile. Cercetarea lor este în curs.

Laboratorul cosmic constituie pentru fizica nucleară o adevărată mină de aur, nu numai peste măsură de bogată, dar chiar și relativ ieftină, căci aici se pot face observații extrem de prețioase cu ajutorul unor plăci cu emulsie, expuse radiației la mari înălțimi, pe crestele munților înalți. Dar, bineînțeles, o asemenea activitate impune ca cercetătorul să fie nu numai un bun fizician, ci și un abil alpinist. În acest laborator, instalat și echipat

parcă de-a dreptul de Cosmos și alimentat de stele, omul a descoperit o lume aparte a particulelor elementare, care a schimbat încă odată complet imaginea pe care ne-o formasem despre natură și materie, particule și familii de particule legate între ele printr-o adevărată plasă de genealogii ascunse. Căci particulele elementare formează un domeniu de sine stătător al materiei, care poate să existe și independent și nu numai organizat în structura internă a atomului. De asemenea, a ieșit la iveală — și din punct de vedere teoretic acesta este un fapt de o importanță primordială — că particulele elementare sînt și ele supuse legilor apariției și dispariției, legilor neînduplecate ale transformării. Înainte vreme se credea că atomul este indivizibil și că nu poate fi transformat. Or, cercetările mai recente au dovedit că atomul este divizibil și transformabil, că poate fi descompus în înveliș electronic și nucleu și că nucleul poate fi dezintegrat și el în protoni și neutroni, paralel cu însăși transformarea atomului. Apoi, o vreme, s-a crezut că imuabilitatea și indivizibilitatea constituie un privilegiu al particulelor elementare. Dar a fost infirmată și această părere. Cercetările au dovedit că electronii se transformă în fotoni gama, iar fotonii gama dau naștere la perechi de electroni; neutronul devine proton, protonul devine neutron *, aceștia se ciocnesc și atunci scapără

---

* Neutronul se transformă în proton, cu emisia unui electron negativ și a unui neutrino: $n \rightarrow p + e^- + \nu$. Masa neutronului este mai mare decît suma dintre masa protonului și cea a electronului. De aceea, neutronul se poate dezintegra în mod spontan, avînd o durată medie a vieții de cca. 12 minute, eliberînd totodată energie. Același motiv face ca protonul să se transforme în neutron mai greu, și numai sub influența unei cantități corespunzătoare de energie comunicată din exterior. În acest caz, protonul se transformă în neutron emițînd un pozitron și un neutron. Protonul singuratic e stabil; are o viață practic infinită.

din ei mezoni, mezoni-pi, care dau naștere fotonilor gama, și mezoni-mü, din care se formează din nou electroni pozitivi, negativi și neutrino.

Dar, procesul acesta nu se încheie aici, tabloul se complică mereu.

Orizontul se lărgește.

Nu de mult a fost descoperită metamorfoza protonilor și, de asemenea, a fost dovedită existența antiprotonului și a antineutronului.

Și, cine știe ce surprize ne mai rezervă atît de numeroasa familie, abia de curînd descoperită, a mezonilor grei?

Tendința dezvoltării ne conduce mai degrabă spre o lume în continuă frămîntare, în permanentă mișcare și transformare, decît către un Univers static, încremenit în forme definitive și imuabile. Materia se află în continuă mișcare. Natura trăiește. Se confirmă deci, încă o dată, adevărul cuvintelor rostite de Heraclit, pe care contemporanii lui le socotiseră obscure, dar care pentru noi, cei de azi, au devenit deosebit de limpezi: „Totul se mișcă și nimic nu rămîne locului. Toate devin una și una nimic".

PROTON ȘI ANTIPROTON

Teoria lui Dirac pomenea nu numai de existența electronilor pozitivi, ci și de aceea a protonilor negativi, adică a așa-numiților antiprotoni. Ciocnirea dintre protonul obișnuit pozitiv și antiproton trebuia să ducă — conform teoriei — și ea la anihilarea perechii de protoni și la eliberarea unei

cantități foarte mari (aproape 2 miliarde de electron-volți) de energie, purtată fie de fotoni gama, fie de mezoni-pi (față de numai 1 milion de electron-volți, eliberați în timpul ciocnirii electronului cu pozitronul).

Și invers: cu ocazia ciocnirii dintre particulele foarte energice și substanță trebuie să apară — tot potrivit teoriei — perechea de proton pozitiv și negativ. Ținînd seama de acest lucru, fizicienii au început să caute, pe plăcile expuse radiației cosmice, urmele noului vînat de preț, pe care ei numai îl bănuiau. Și — prudenți — prevăzuseră chiar și faptul că nu le va fi ușor să-l găsească. Făcuseră socoteala și stabiliseră că va fi într-adevăr un lucru greu, căci perechea geamănă proton-antiproton nu poate să apară decît în cazul ciocnirilor unor particule care poartă sarcini electrice mai mari de 5,6 miliarde electron-volți. Dar, o ciocnire atît de energică duce la formarea unei ploi abundente de mezoni-pi, printre care e foarte greu de identificat antiprotonul. De asemenea, viteza și energia cinetică uriașă a antiprotonului îngreuiază enorm analiza urmei și, în special, stabilirea semnului sarcinii electrice a particulei care a lăsat urma. În anul 1947 s-a descoperit o urmă despre care s-a crezut că este urma antiprotonului. Nu exista însă siguranța în această privință. O primă certitudine în această chestiune a fost adusă în anul 1955 de Amaldi, care a observat pe o placă expusă radiației cosmice apariția mezonilor ca rezultat al anihilării de pe urma ciocnirii dintre antiprotonul lent și protonul obișnuit. Energia totală, purtată de mezonii expulzați corespundea cu energia calculată, care trebuie să se producă în cazul anihilării perechii de protoni. Dar, avînd în vedere că evenimentul acesta se produce foarte rar și întîmplător,

a fost nevoie să se caute noi verificări. Laboratorul cosmic este încă capricios și neascultător. De aceea, procedeul de verificare nu putea fi executat decît în laboratoarele terestre, conduse de către om. A început lupta pentru reproducerea sintetică a radiației cosmice, adică pentru crearea pe cale artificială a posibilităților naturale din laboratorul cosmic.

UN BILANȚ PLIN DE ÎNVĂȚĂMINTE

Primii cercetători care au reușit să transforme nuclee atomice pe cale artificială cu ajutorul aparatelor inventate de către om a fost Cockroft și Walton. În 1932, în laboratorul Cavendish din Cambridge (unde fusese realizată în 1919 prima transmutație artificială), ei au bombardat nucleul unui metal ușor, litiul, cu protoni, accelerați de o energie de 800 eV, și în urma coliziunii au obținut două nuclee de heliu.

Evenimentul acesta a fost de foarte mare importanță, mai înainte de toate pentru că în felul acesta formula lui Einstein a putut fi confirmată pe cale experimentală. S-a găsit că masa atomică a litiului și a hidrogenului împreună este de 8,02628 unități de masă atomică. Atomii de hidrogen care participau la reacție dispuneau de o energie de 800 000 electron-volți. Acestea le trecem, prin urmare, în coloana „cheltuielilor" — deoarece reprezintă masa și energia cheltuite în cursul reacției — și le așezăm pe unul din talerele balanței. În coloana „încasărilor" înregistrăm cele două nuclee de heliu, rezultate din reacție. Pe acestea le punem în celălalt taler al balanței. Cîntărind masa celor două

nuclee de heliu, constatăm că ele fac laolaltă 8,0078 unități atomice, respectiv, cu 0,01848 unități atomice mai puțin decît masa cheltuită. Dar, în coloana „încasărilor" mai trebuie să înscriem și energia eliberată în timpul reacției, care a fost și ea măsurată și s-a găsit egală cu 17,2 milioane electron-volți, care — potrivit ecuației lui Einstein, corespunde cu defectul de masă. Iată dar că energia „dobîndită" este egală cu cantitatea de substanță „pierdută" din masă. In comparație cu cei 800 000 electron-volți „cheltuiți", rezultă că am obținut un spor de energie de 16,4 milioane electron-volți.

După cum am mai arătat, masa deficitară nu s-a pierdut, ci s-a transformat în radiații ale cîmpului electromagnetic, posedînd aceeași masă ca defectul, iar între timp s-a eliberat și o importantă cantitate de energie.

În felul acesta formula lui Einstein a fost confirmată pe cale experimentală. Temerara previziune teoretică de la începutul secolului a cucerit astfel laurii triumfului.

Dar verificarea experimentală a formulei lui Einstein a avut și foarte însemnate consecințe practice. S-a confirmat existența și prin aceasta posibilitatea unor reacții nucleare exoterme, producătoare de căldură. S-a adeverit deci că, o dată cu transformarea artificială a nucleului atomic, pot fi eliberate cantități de energie uriașe; s-a confirmat deci și posibilitatea eliberării practice a energiei atomice.

E adevărat, în forma aceasta lucrurile încă nu constituiau un fapt încurajator pentru industrie. De pildă, în cazul experienței amintite mai sus, bombardînd litiul cu protoni de 400 000 eV, din 10 milioane de protoni folosiți pentru bombardarea nucleului nu nimerește în medie decît unul singur ținta — nucleul atomului de litiu. În asemenea îm-

prejurări randamentul este atît de redus, încît în practică procedeul devine inutilizabil. Privind însă lucrurile exclusiv de pe pozițiile fizicii, rămîne confirmat adevărul că protonul de cîteva sute de mii de eV care pătrunde în nucleul atomului de litiu, provocînd explozia acestuia, produce un spor de energie de peste 16 milioane eV. Din punct de vedere economic, bilanțul este însă mult mai puțin avantajos. Risipind cîte 10 milioane de proiectile de cîte 400 000 eV pentru a provoca explozia cîte unui singur nucleu de litiu, înseamnă că, de fapt, cele 17,2 milioane eV de energie obținute ne costă, în realitate, 4 milioane de milioane (4.10^{12}) eV energie; cu alte cuvinte, pentru fiecare unitate de energie obținută sîntem nevoiți să risipim peste 250 mii unități de energie! Prin urmare, s-a verificat că o dată cu transformarea unor anumite nuclee atomice se eliberează cantități uriașe de energie, **dar** a rămas de rezolvat problema descoperirii unei reacții nucleare avantajoase din punct de vedere economic, în timpul căreia să se cheltuiască o cantitate de energie neînsemnată în raport cu energia obținută.

După cum se știe, reacția care îndeplinește aceste condiții este reacția în lanț, provocată prin fisiunea uraniului și a plutoniului.

„PRAȘTIA ATOMICĂ", ARMA CEA MAI PAȘNICA A LUMII

Randamentul primelor instalații pentru dezintegrarea artificială a atomului, realizate între anii 1930—1940, era încă foarte redus. Particulele elementare care erau puse în mișcare de ele nu produceau nici măcar o energie de 1 milion de elec-

tron-volţi, deşi energiile de care dispun substanţele radioactive reprezintă cîteva milioane de electron-volţi. Astfel, de exemplu, sursa radioactivă folosită în anul 1919 de către Rutherford, în experienţele sale, a emis particule dotate cu o energie de 7,8 MeV. Pe atunci omul nu îndrăznea să se ia la întrecere în ceea ce priveşte producerea energiei decît doar cu nucleele atomice radioactive. Ţinta lui de viitor era însă să ajungă din urmă şi să depăşească pe cale artificială energia substanţelor radioactive naturale. Cu tipurile de acceleratoare de particule, utilizate la început, acest ţel nu se putea realiza. Deşi s-au construit instalaţii de proporţii gigantice şi s-au investit mijloace tehnice şi materiale numeroase, energia radiaţiilor radioactive naturale mai intense n-a putut fi întrecută. Astfel, de pildă, tipul foarte răspîndit de generator, construit de Van de Graaf, deşi are dimensiuni uriaşe, nu poate să accelereze particule decît pînă la 2,5 sau, în unele cazuri, pînă la 5 milioane de electron-volţi.

Limitele acestea au fost depăşite de acceleratorul lui Lawrence, numit ciclotron, construit de el. In locul cîmpurilor electrice statice, ciclotronul accelerază particulele cu ajutorul cîmpurilor electromagnetice alternante (curent alternativ). Protonul, ajuns în aparat, se mişcă pe o orbită spirală în interiorul unei tobe cilindrice, secţionată de-a lungul diametrului. Alternarea cîmpului electromagnetic este în aşa fel reglată, încît la fiecare jumătate de tură, cînd protonul trece dintr-o jumătate de cilindru în cealaltă, să i se comunice un anumit spor de energie. Din cauza energiei sporite, creşte într-una şi raza orbitei, aşa încît particula se mişcă pe o spirală. Mecanismul ciclotronului se aseamănă cu o praştie; învîrtind o pietricică legată

la capătul unei sfori, cu fiecare nouă învîrtitură transmitem acesteia o nouă cantitate de energie, iar viteza şi energia ei cresc. Lungind apoi din ce în ce mai mult sfoara şi slobozind-o în cele din urmă din mînă, piatra va zbura spre ţintă cu viteza finală. Dimensiunile ciclotronului sînt relativ mici. Diametrele tobelor acceleratoare ale primelor ciclotroane aveau cam jumătate metru. În ele se accelerau protoni, deutroni şi nuclee ale atomilor de heliu. Aceste instalaţii au produs cu uşurinţă, încă de la primele încercări, cîteva milioane de electronvolţi, iar apoi peste zece milioane de eV.

Particulele elementare, aceste obuze expulzate prin deschizătura ciclotronului, dispun cu uşurinţă de nucleele expuse tirului lor: le despică, le sparg în fragmente — transformîndu-le.

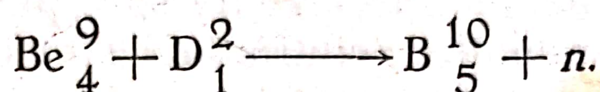
Tunul atomic al ciclotronului, această uriaşă praştie de protoni, a depăşit definitiv radioactivitatea naturală; el produce energii mai mari, se mînuieşte mai uşor, dozarea se poate face mai lesne şi nu este nici mai costisitor decît substanţele radioactive naturale. Iată un singur exemplu: celebrele cercetări ale lui Fermi au demonstrat rolul uriaş al neutronilor în tehnica transformărilor nucleare. Prin urmare, este foarte necesar să ne creăm surse bogate de neutroni, lucru însă care nu-i chiar atît de uşor. În practică, putem produce neutroni prin bombardamente cu particulele alfa emise de radiu. Sub acţiunea acestui bombardament, beriliul se transformă în cărbune şi se eliberează un neutron.



$$Be^{9}_{4} + He^{4}_{2} \longrightarrow C^{12}_{6} + n.$$

Dar, încă pînă în ultimul timp, radiul a fost extrem de scump şi greu accesibil. În schimb beri-

liul eliberează neutroni chiar și după bombardarea sa cu deuteriu (hidrogen greu, D_1^2) accelerat în ciclotron, în urma căruia se transformă în bor.



$$Be_4^9 + D_1^2 \longrightarrow B_5^{10} + n.$$

Sursa de neutroni obținută cu ajutorul ciclotronului echivalează cu neutronii produși din cîteva kilograme de radiu (întreaga rezervă de radiu de care dispune omenirea nu depășește două kgr).

Tot cu ajutorul ciclotronului — și anume cu acela de 300 milioane de electron-volți al Laboratorului de Radiații condus de Lawrence — au fost obținuți, de Lattes, mezoni-pi. Aceasta s-a întîmplat în anul 1949, la numai un an de la descoperirea mezonilor-pi în radiația cosmică. Iată dar că ciclotronul ajunsese să reproducă anumite efecte ale radiației cosmice, dar încă nu se putea lua la întrecere cu laboratorul cosmic în privința energiilor de ordin superior. Ciclotronul nu putea să accelereze particulele pînă la energii de ordinul miliardelor de electron-volți. Ba dimpotrivă! În funcție de sarcina particulelor, chiar și numai producerea unor energii de cîteva zeci de milioane de electron-volți provocau dificultăți tehnice serioase. Practic, limita superioară a accelerării era de 10—15 milioane eV în cazul protonilor, și de 20—30 milioane în cazul particulelor alfa. Menționăm de asemenea că ciclotronul nu poate servi de loc la accelerarea electronului.

Impasul a fost înlăturat prin soluționarea, în primul rînd, tocmai a acestei din urmă probleme: accelerarea electronului. Iar soluția găsită a indicat și calea de urmat în problema accelerării protonilor și particulelor alfa, pînă la producerea unor energii de ordinul miliardelor de electroni-volți.

ACCELERATOR DE PARTICULE ÎN COSMOS...

La rezolvarea problemei pur tehnice a accelerării electronilor a contribuit, de astă dată într-un chip surprinzător, cercetarea și descoperirea **originii** razelor cosmice.

Cum pot acumula particulele elementare, care cutreieră Cosmosul, o energie atît de uriașă ca cea cu care ajung pînă la noi, pe Pămînt? Firește, numai într-un cîmp electric, între extremele căruia există o tensiune corespunzătoare suficient de înaltă. Dar observațiile astrofizice exclud cu desăvîrșire existența unor cîmpuri electrice, care să dispună de o asemenea energie.

Există însă și o altă cale, pe care se pot accelera particulele încărcate electric. Se știe că un cîmp magnetic cu intensitate variabilă produce un curent de inducție. Dacă bobina primară a unui transformator obișnuit este străbătută de un curent electric alternativ, atunci curentul acesta dă naștere unui cîmp electromagnetic variabil și, prin urmare, în bobina secundară se produce un curent de inducție. Wideroe a descoperit încă în 1928 că această metodă permite accelerarea electronilor la mari viteze.

Pe la mijlocul deceniului al treilea al secolului nostru Swann a atras atenția că dacă în Univers ar exista cîmpuri magnetice alternative, acest fapt ar explica energia uriașă a particulelor cosmice. Ceva mai tîrziu, în anul 1950, Alfvén a elaborat amănunțit teoria accelerării particulelor cosmice. Cercetările ulterioare au confirmat întru totul existența unor corpuri cerești înzestrate cu cîmp

magnetic. Astfel s-a constatat că există stele cu cîmp magnetic variabil, precum și nori cosmici înzestrați cu cîmp magnetic. Plecînd de la această constatare Terlețki a elaborat teoria accelerării particulelor aflate în apropierea stelelor magnetice, iar Fermi — o teorie statistică a accelerării particulelor elementare de către norii magnetici împrăștiați haotic, dezordonat, în Univers. Teoriile acestea au explicat destul de bine numeroase particularități energetice ale radiației cosmice, și chiar dacă explicațiile date nu clarifică toate amănuntele, chestiunile esențiale au fost totuși lămurite. S-a născut atunci întrebarea: oare n-ar fi posibil să se aplice și în practică, în laboratoare terestre, acest procedeu magnetic de accelerare? Sugestia aceasta a fost făcută în anul 1940 de către Terlețki și, independent, de Kerst.

...ȘI ÎN LABORATOR

Chiar în 1940 Kerst a și construit o instalație pentru accelerarea particulelor cu ajutorul inducției magnetice. Fără să utilizeze o tensiune prea înaltă, el a reușit, încă de la început, să accelereze electronii pînă la 2,5 milioane de electron-volți. Rezultatul acesta era excelent, mai ales dacă avem în vedere că prima instalație construită de Kerst încăpea toată pe o masă de laborator. Instalația lui Kerst nu putea fi utilizată decît pentru accelerarea electronilor, de aceea a și fost numită betatron. Betatronul, care funcționează în spațiile interpla-

netare, a sugerat parţial ideea betatronului de care ne folosim acum pe Pămînt. Şi invers : realizarea în laborator a betatronului a verificat, aproape sintetic, principiul de bază al teoriei cu privire la accelerarea magnetică a particulelor cosmice.

Dar şi capacitatea betatronului este limitată.

În prezent au fost construite betatroane care transmit electronilor o energie de 100 de milioane de volţi. Practic, cifra aceasta indică limita superioară a posibilităţii betatronului. Ivanenko şi Pomeranciuk au calculat teoretic că limita superioară maximă a unui betatron este de circa 500 milioane eV. Precum a anunţat prof. Hofstadter la conferinţa pentru problemele particulelor cu energii înalte, ţinută în vara anului 1956 la Geneva, abia acceleratorul liniar care se construieşte la Stanford va putea comunica electronilor energii mai mari, probabil pînă la 1 000 MeV.

UN PAS DE ŞAPTE LEGHE ÎNAINTE : COSMOTRONUL

În anul 1944, Veksler şi Mac Millan, lucrînd fiecare independent, fără să ştie unul de altul, au descoperit un sistem foarte ingenios, folosind într-o oarecare măsură şi principiul betatronului, pe baza căruia au ajuns să construiască instalaţii care accelerează electronii, protonii, particulele alfa şi alte particule, pînă la o viteză corespunzătoare unei energii de cîteva sute de milioane, ba chiar cîteva mii de milioane de electron-volţi. După particularităţile lor tehnice, noile tipuri de accelera-

toare au primit denumirea de sincrotron, fazotron, sincrofazotron ş. a.

Construindu-şi instalaţii care produc energii de ordinul miliardelor de eV, omul a pornit la asalt împotriva cerului, producînd în laborator fenomene nucleare pe care, pînă nu de mult, le produceau pentru el doar stelele şi Cosmosul. Este vorba, în primul rînd, de obţinerea pe cale artificială a antiprotonului. De astă dată era vorba, înainte de toate, ca omul să verifice observaţiile cosmice cu ajutorul aparatelor sale.

Însă el putea spera să clarifice complet mecanismul apariţiei şi individualitatea antiprotonului, numai dacă putea să obţină asemenea particule la discreţie şi să le dirijeze după bunul lui plac. Pentru realizarea acestui scop s-a construit, în celebrul laborator de radiaţii, condus de profesorul Lawrence, un sincrofazotron care putea produce 6,2 miliarde electron-volţi. Americanii numesc aceste instalaţii gigantice pentru accelerarea particulelor **bevatron,** după simbolul BeV al miliardelor sau bilioanelor de electron-volţi. Ele mai poartă şi denumirea populară de cosmotron, deoarece produc energii asemănătoare cu energiile razelor cosmice.

Am amintit că, după calculele teoretice, pentru a produce o pereche geamănă proton-antiproton, este nevoie de aproape 2 miliarde de electron-volţi. Pînă acum nu se cunosc raze gama cu o energie atît de uriaşă. Nu putem deci spera să obţinem perechea de gemeni proton-antiproton prin metamorfoza razelor gama, ca în cazul perechii electron-pozitron.

Calculele au dovedit că antiprotonii pot să ia naştere şi în cazul ciocnirii dintre nucleoni (particule nucleare) : pentru a se produce însă o asemenea ciocnire, este nevoie de proiectile nucleare

care să atingă o viteză corespunzătoare unei energii de 5,6 miliarde electron-volţi. Dacă ciocnirea s-ar produce între nuclee mai grele, limita energiei necesare coboară: în cazul cuprului, de pildă, calculele au stabilit că ar fi suficientă o energie de 4,3 BeV. De aceea, dimensiunile bevatronului din California au fost calculate în aşa fel, încît să se poată transmite protonilor o energie de 6,2 BeV; ca urmare, diametrul magnetului are 48,8 m, iar greutatea lui atinge 10 000 tone. Forţa de atracţie a polilor este echivalentă cu 17 000 tone.

BEVATRONUL CONFIRMĂ TEORIA LUI DIRAC

La 21 septembrie 1955, la o lună după ce instalaţia a fost pusă în funcţiune, echipa de sub conducerea lui Emilio Segré a observat ţîşnirea primilor antiprotoni din ţinta de cupru a bevatronului. În acelaşi timp, s-au produs cantităţi mari de mezoni negativi, precum şi tot felul de mezoni grei şi hiperoni. Ca să scape de compania acestor însoţitori nepoftiţi, cercetătorii au plimbat radiaţia corpusculară, care ţîşnea afară din bevatron, pe un drum corespunzător de lung. Pe parcurs, cu ajutorul unor cîmpuri magnetice puternice, mai întîi sînt captate şi scoase afară, din snopul de radiaţii corpusculare expulzate din bevatron, particulele negative dotate cu energie mai mică; apoi, particulele sînt obligate să străbată încă un drum lung de 12 metri. Pentru mezonii grei şi pentru hiperoni, acest drum constituie un adevărat calvar pe care nu

sînt în stare să-l parcurgă. Se dezintegrează și se sting încă pe drum.

De aci înainte urmează însă partea cea mai anevoioasă a procesului : filtrarea mezonilor-pi negativi rămași. Această operațiune e foarte dificilă : mezonii-pi sînt extrem de numeroși, în medie cam 50 000 de fiecare antiproton. Mezonul-pi negativ străbate drumul acela lung de 12 metri, într-a miliarda parte dintr-o secundă (o milimicrosecundă). Tovarășul său însă, antiprotonul, e ceva mai încet. El ajunge la destinație abia în 51 milimicrosecunde. Separarea precisă a mezonilor-pi și a antiprotonilor se face cu contorul de particule Cerenkov bazat pe efectul Cerenkov, exercitat de către particulele de foarte mare viteză.

După efectuarea experiențelor de control, la 17 octombrie 1955, Segré, Chamberlain, Wygand și Ypsilantis au comunicat că au identificat antiprotonul. Determinînd limita inferioară a potențialului la care apar antiprotonii, ei au constatat că aceasta este egal cu 4,3 BeV, cifră ce corespunde întocmai cu calculele.

După aceea au măsurat energia dezvoltată în contorul Cerenkov, care semnala prezența antiprotonilor și au constatat că aceasta este egală cu cantitatea de energie rezultată din anihilarea perechii antiproton-proton.

Acest fenomen a putut fi chiar fotografiat : urma particulelor a putut fi urmărită cu precizie în emulsia sensibilă, pînă în momentul cînd s-au întîlnit cu un proton obișnuit. În locul de întîlnire s-a observat însă urme de mezoni în formă de stea : rezultatul anihilării. Protonul, ca atare, fusese distrus. Împrejurarea aceasta a dat noi aripi inspirației fizicienilor. „Soarta nemiloasă a dragostei în lumea particulelor elementare", a remarcat Leprince-Ringuet, cunoscut atomist francez, iar spiri-

tualul american Mr. Tompkins[1], pornit într-o expediție de explorări în lumea atomilor, a observat că particula și antiparticula „sînt întocmai ca membrii unui club de sinucigași, necontenit în căutare după parteneri, ca să se nimicească reciproc. Prieteni credincioși, nu-și fac de altfel nici un rău unul altuia, pînă cînd le iese în cale antiparticula; atunci orice speranță de a rămîne în viață este pierdută".

ANTIPROTONUL; PERSPECTIVE TEORETICE ȘI PRACTICE

Antiprotonul este o particulă stabilă. El nu se dezintegrează de la sine, ca mezonii. Dacă ar fi izolat în vid, deci într-un loc unde nu întîlnește protoni, ar putea trăi și o veșnicie. La conferințele atomice, ținute în aprilie 1956 la Rochester și apoi în iunie la Moscova, în centrul atenției mondiale au stat rezultatele observațiilor asupra antiprotonilor. Nu de mult a fost elaborată și prima teorie referitoare la mecanismul formării lor. Potrivit acestei teorii, perechea de gemeni antiproton-proton ia naștere din ciocnirea unor protoni foarte energici cu neutronul.

Descoperirea și producerea pe cale artificială a antiprotonului a stîrnit o senzație extraordinară. Declarația oficială prin care se aducea la cunoștința omenirii acest eveniment afirma că descoperirea reprezintă începutul unei ere noi în cercetările de fizică nucleară. Cuvintele sobre și cumpănite ale

[1] Erou imaginar al unor celebre cărți de popularizare, scrise de G. Gamov (n.r.)

declarației oficiale trădează însă emoția vie încă a descoperitorilor: „In sfîrșit fantoma, care urmărește de peste un sfert de veac pe fizicieni, a apărut: antiprotonul a fost descoperit". Această mare descoperire înseamnă, din punct de vedere practic, găsirea unui nou izvor de energie, de sute și de mii de ori mai bogat decît cele cunoscute pînă atunci. Din ciocnirea protonului cu antiprotonul rezultă o energie de 2 miliarde de eV, față de cele numai 170 de milioane eV, care se eliberează prin fisiunea uraniului, și față de 1 milion eV, obținut prin întîlnirea electron-pozitron. Dar nu numai atît. Dacă ținem seama de cantitatea de materie angajată în reacție, deosebirea este și mai mare: în cazul anihilării protonului, cantitatea de energie eliberată este de 1 miliard eV, pe cînd în cel al fisiunii uraniului este de numai 720 000 eV, raportată la aceeași cantitate de masă.

Descoperirile recente au dus, pe plan teoretic, la ipoteza existenței **antiatomilor**: în jurul nucleului cu sarcină negativă compus din antiprotoni se rotesc electroni pozitivi. Se știe că, în nucleul atomului obișnuit, în afară de protoni există și neutroni. Se pune însă întrebarea: în nucleul antiatomului mai există oare ceva în afară de antiprotoni? Poate neutroni? Nu! Antineutroni! Teoretic, neutronul trebuie să-și aibă și el antiparticula sa. Dat fiind însă că neutronul este o particulă lipsită de sarcină electrică, deosebirea între antineutron și neutron nu poate veni de la deosebirea de sarcină electrică. Dar, în afară de sarcina electrică, particulele elementare dispun și de un anumit moment magnetic. Neutronul dispune și el de un asemenea moment magnetic, care însă se deosebește de momentul magnetic al antineutronului și tocmai de aici vine deosebirea dintre ei. În radiația cosmică nu se vedea însă nici urmă de existență a antineutronului.

ANTINEUTRONUL

Fizica nucleară arătase încă de mult că protonul și antiprotonul se pot transforma unul într-altul. Acum, după ce bevatronul a început să producă în mod curent antiprotoni, s-a întărit și mai mult speranța că — într-un fel oarecare — din interacțiunea proton-antiproton o să se nască, odată și odată, și antineutronul. Și, într-adevăr, la începutul anului 1956, Emilio Segré a declarat că descoperirea antineutronului este doar o chestiune de timp, iar la sfîrșitul anului, Lofgren și Piccioni au anunțat că vînatul acesta nobil a căzut, în sfîrșit, în capcana ce-i fusese de mult pregătită.

Universul se dilată. Și, chiar dacă avem îndoieli cu privire la dilatarea Universului fizic, în privința lărgirii universului intelectual nu mai există nici o îndoială. „Pentru moment — scria Leprince-Ringuet, în noiembrie 1956 — experiențele de natura acesteia constituie un monopol al celor din Berkeley. Dar nu pentru multă vreme, deoarece marele accelerator de particule al rușilor, cu o energie de 10 miliarde eV, este gata".

ÎNTRECERE !

Nu după multă vreme, acest cosmotron gigantic, construit la Dubna, lîngă Moscova, sub conducerea profesorului Veksler, avea să fie cel mai puternic accelerator de particule din lume. Particulele supuse accelerării aleargă pe o traiectorie uriașă: **72 m** diametru exterior! Protonii care se anga-

jează în această horă vin gata încălziţi dintr-un accelerator obişnuit, unde au acumulat în prealabil o energie de vreo 9 milioane eV. Apoi, în inelul uriaş al instalaţiei începe încărcarea energetică a protonilor: la fiecare rotaţie, fiecare particulă acumulează cîte 2 200 eV. Acest proces poate fi comparat cu o dresură de cai de circ: de fiecare dată cînd trece în faţa dresorului, calul primeşte cîte-o lovitură de bici de 2 200 eV, ca să alerge din ce în ce mai repede. Mînat în felul acesta, protonul străbate în timp de o secundă un drum lung cît trei pătrimi din distanţa de la Lună la Pămînt. După ce atinge energia de 10 BeV, protonul scapă din horă. Giganticul accelerator sovietic va permite să se capteze simultan din inelul instalaţiei 15 jerbe experimentale şi face posibilă realizarea concomitentă a mai multor experienţe, pentru studierea interacţiunii dintre protoni şi dintre protoni şi neutroni. Un zid de beton gros serveşte la izolarea încăperilor unde se execută experienţele, de corpul acceleratorului. El va produce de asemenea cantităţi uriaşe de antiprotoni, antineutroni, tot felul de mezoni grei şi hiperoni, precum şi jerbe cosmice artificiale. Cititorii noştri au aflat desigur cu plăcere că acest accelerator a fost dat în folosinţa Institutului Unificat de Fizică Nucleară, ai cărui membri sînt Uniunea Sovietică, R. P. Chineză, R. D. Germană, R. P. Polonă, R. P. Romînă, R. P. Ungară şi celelalte ţări de democraţie populară. Iată dar că în faţa cercetătorilor din ţara noastră se deschid perspective pe care nu le-am fi putut, poate, crea niciodată, numai cu propriile noastre forţe!

Aceste realizări nu reprezintă însă decît primul pas pe calea progresului. Întrecerea în domeniul construirii acceleratorilor de particule abia a început. Peste cîţiva ani, în anul 1960, potrivit datelor oficiale, va fi gata sincrotronul uriaş, construit la Geneva, pentru Centrul European de Cer-

cetări Nucleare (C.E.R.N.). Acest sincrotron va putea să transmită protonilor o energie de 25—30 BeV. El va dispune de un accelerator „linear", obişnuit, lung de 30 m, care va injecta din 5 în 5 secunde şuvoaie de protoni în aparat, unde goana particulelor va continua înăuntrul unui inel cu un diametru mediu de 200 m. Particulele vor străbate traiectoria circulară a inelului de aproximativ un milion de ori, iar după ce au făcut acest drum, de două ori mai lung decît distanţa de la Pămînt la Lună, sînt expulzate în ţinta dinainte pregătită. Acceleratorul de la Geneva se construieşte sub pămînt şi se sprijină pe 50 de coloane implîntate în stîncă. Pentru a putea aprecia greutăţile uriaşe ce se ivesc în faţa realizării pur tehnice a construcţiei unei asemenea instalaţii, va fi suficient să cităm una din problemele practice pe care trebuie să le rezolve constructorii acceleratorului de la Geneva. Pentru ca acceleratorul să funcţioneze normal, este nevoie de o precizie de 1/10 milimetri în reglarea inelului de 200 m diametru. Or, recent s-a constatat că blocul de stîncă pe care se sprijină acceleratorul se ridică şi coboară periodic cu cca 2 mm/km. Periodicitatea acestei fluctuaţii este de 29 de zile, şi ea trebuie pusă în legătură cu acţiunea mareelor din Atlantic, care dau naştere în scoarţa pămîntului unor unde de relaxare. Proiectanţii acceleratorului de la Geneva au crezut că pot neglija acţiunea Lunei. Satelitul (natural) al Pămîntului s-a răzbunat însă pentru această desconsiderare.

În perioada 1959—1960 se va termina la Brookhaven, în America, un cosmotron de 20—30 BeV, al cărui inel va avea un diametru de 180 m. De asemenea, în Statele Unite şi în Uniunea Sovietică se proiectează cîte un accelerator care să furnizeze o energie de 50—60 BeV. Diametrul acestuia din urmă va fi de aproape jumătate kilometru (470 m).

La Congresul Internațional care a avut loc în august 1955, la Geneva, profesorul Veksler a arătat că acceleratoarele construite după sistemul actual nu vor putea depăși practic limitele unei energii de 50—100 BeV.

Enrico Fermi, marele fizician atomist, pomenea mai mult în glumă, în una din ultimele sale prelegeri, că, utilizînd metodele cunoscute în vremea aceea, pentru a imprima protonilor o energie de zece milioane de miliarde electron-volți (zece milioane BeV, 10^{16} eV) ar fi nevoie de un magnet inelar care să înconjoare globul pămîntesc la ecuator. Și energia astfel obținută ar fi încă de o mie de ori inferioară energiilor maxime, purtate de particule cosmice.

În viitorul apropiat, însă, ne putem aștepta la numeroase invenții care să revoluționeze din nou construcția acceleratoarelor de particule. La Conferința Unională pentru Fizica Particulelor de Energii Înalte, de la Moscova (mai 1956), au fost comunicate o serie de proiecte de acest gen. Profesorul Oliphant, din Australia, a făcut o comunicare despre sincrotronul de protoni de 10—15 BeV, ce se construiește în prezent la Canberra. În acest accelerator, miezul de fier este eliminat, și datorită acestei inovații diametrul orbitei circulare se reduce la numai 10 metri. În același timp, precum a arătat profesorul Oliphant, prețul de cost al acestui accelerator nu face nici a 20-a parte din costul acceleratorul de 6 BeV de la Berkeley. În Uniunea Sovietică, A. I. Budker și A. A. Naumov au elaborat proiectul unui sincrotron bazat pe noi principii. Un accelerator de acest tip, cu o energie de 1 BeV, va avea o orbită circulară cu un diametru de numai 66 cm, iar un accelerator de 3 BeV, cu un diametru de 2 m. Budker și Naumov au arătat în comunicarea lor, ținută la Conferință, că în momentul de față funcționează un accelerator bazat

pe acest principiu, cu o putere de 150—900 MeV, a cărui orbită are un diametru de 34 cm.

În anul 1957, pe baza unui principiu mai vechi, s-a început în America proiectarea unui nou tip de accelerator, care-și propune să utilizeze energia uriașă provenită din ciocnirea a două șuvoaie de particule îndreptate unul într-altul. Pe baza calculelor făcute, se speră ca din ciocnirea a două șuvoaie de particule, dispunînd fiecare de o energie de cîte 10 BeV, să se obțină o energie de 250 BeV, iar din ciocnirea unor particule încărcate cu o energie de 22 BeV să se realizeze o sursă de energie de ordinul trilioanelor de electron-volți (1000 BeV = 10^{12} eV). Ba mai mult, în încheierea expunerii sale, făcută la Geneva, profesorul Veksler și-a exprimat speranța că se va reuși ca particulele să fie accelerate pînă la obținerea unei energii de 10 000 BeV (10^{13}eV). Asistăm, așadar, nu numai la întrecerea statelor între ele, ci și la întrecerea omenirii cu Cosmosul.

Tabelul de mai jos redă situația actuală din lume, în domeniul acceleratorilor pentru protoni de energie înaltă:

U. R. S. S. :	*Dubna*	10 BeV	(în funcțiune)
S. U. A. :	*Berkeley* . . .	6 BeV	„ „
	Brookhaven . .	3 BeV	„ „
Anglia :	*Birmingham* . .	2 BeV	„ „
U. R. S. S. :	. . . .	50–60 BeV	(în construcție)
Australia :	*Canberra* . . .	10 BeV	(în construcție)
S. U. A. :	*Brookhaven* . .	25–30 BeV	(prevăzut pentru 1960)
C.E.R.N. :	*Geneva*	25–30 BeV	„ „ „
S. U. A. :	. . . .	50–60 BeV	(proiect)

Întrecerea între obuzele și tunurile atomice pentru dezintegrarea nucleelor e în curs. Sorții izbînzii înclină cînd de o parte, cînd de alta. Unul se întrece pe altul ca energie, ca putere dezintegrată, ca forță destructivă. Distrugerile acestea sînt însă

în folosul omului. Deocamdată, ea nu sporește decît cunoștințele noastre teoretice, dar în curînd ne va spori, fără îndoială, și bunurile materiale. Întrecerea aceasta este întrecerea cea mai pașnică din lume. Ce-i drept, nu și cea mai ieftină. Acceleratorul din Berkeley a costat 9,3 milioane dolari, iar primul accelerator construit la Brookhaven — 7 milioane, în timp ce al doilea, care va produce o energie de 20—30 BeV, va costa 20 de milioane de dolari. Dar, chiar dacă le-am socoti toate în bani, instalațiile acestea sînt mult mai ieftine decît armele atomice fabricate pentru distrugerea omenirii.

SOARELE — LABORATOR ATOMIC

Să ne întoarcem acum din nou la Soare.

Cu ce se hrănește oare astrul nostru? ne-am întrebat. Cu nimic altceva — am văzut — decît cu energiile care se eliberează în timpul reacțiilor nucleare ale anumitor nuclee atomice. Dar — se naște atunci o nouă întrebare — există oare în interiorul Soarelui condițiile fizice necesare pentru reacțiile nucleare de acest gen? Sau — punînd altfel întrebarea — în condițiile fizice existente în Soare, sînt oare posibile transformări nucleare care să furnizeze la timp astrului nostru cantitatea de energie necesară? Oare împrejurările energetice din interiorul Soarelui sînt ele în stare să alimenteze nucleele atomice cu energia cinetică necesară fuziunii — și în general reacțiilor nucleare?

Cînd vorbim despre condițiile energetice din Soare ne gîndim, firește, în primul rînd la căldură, deoarece energia cinetică poate fi transmisă ato-

milor prin căldură, tot atît de bine ca și prin cîmpul electromagnetic alternant.

Problema căldurii solare a început să se clarifice abia prin deceniul al treilea al secolului nostru. Potrivit cercetărilor de atunci, la suprafața Soarelui domnește o temperatură de 6 000 de grade Celsius, iar în interiorul său o temperatură de 20 000 000 de grade Celsius. Cercetările mai noi au modificat însă limita maximă: după toate probabilitățile, temperatura din interiorul Soarelui nu depășește 15 milioane de grade.

Se naște atunci o nouă întrebare: oare viteza și, datorită acesteia, energia cinetică a atomilor care fierb și clocotesc la o asemenea temperatură poate fi comparată cu energia nucleelor expulzate de acceleratorii de particule, cum este, de exemplu, ciclotronul?

Oricine va fi înclinat să dea, de bună seamă, un răspuns negativ, și, dacă-i plac pariurile, ar pune un fluture contra unui dragon că energia cinetică a particulelor din Soare nu poate fi cu siguranță depășită de cele accelerate în ciclotron. Și totuși, dacă va face așa, va pierde pariul! În lupta dintre ciclotron și Soare, astronomii și fizicienii pariază, încă din anul 1934, pe ciclotron.

Ei au calculat că o energie de 10 milioane eV nu o pot căpăta decît atomii unei substanțe care a fost încălzită pînă la o temperatură de o sută de miliarde de grade, adică pînă la o temperatură de 60 000 de ori mai ridicată decît cea din interiorul Soarelui! De fapt, chiar și transformarea unor nuclee de mărime mijlocie — ca de exemplu, contopirea a doi atomi de oxigen într-un atom de sulf — necesita energii de mărimea celor de mai sus. La o temperatură de 20 de milioane de grade, energia cinetică mijlocie a unui atom este de circa 6 600 electron-volți, adică atît cît poate atinge un electron într-un cîmp electric cu o tensiune de 6 600

volți. Firește, la o temperatură de numai 15 milioane grade nu va atinge nici atît. În cazul, însă, că este vorba de nuclee atomice mai grele, care dispun de o sarcină electrică mai mare, respectiv de o masă electrică mai importantă, energia cinetică va crește proporțional cu aceasta și va putea atinge cîteva zeci de mii de electron-volți.

SOARELE — TORȚĂ NUCLEARĂ

Ajunși la acest punct al cercetărilor, a fost necesar să ne întoarcem iarăși pe Pămînt, ca să cercetăm în laboratoare, pe cale experimentală sau teoretică, ce fel de reacții nucleare pot fi posibile în prezența unor energii atît de... modeste, în raport cu cele ce se pot obține pe Pămînt.

Din fericire, între timp au fost descoperiți deuteriul și tritiul, doi izotopi grei ai hidrogenului, și s-a demonstrat teoretic că, dispunînd de o energie de ordinul zecilor de mii de electron-volți, putem obține treptat atomul de heliu, pornind de la acești izotopi ai hidrogenului.

Datorită cercetărilor lui Eddington și Med Nadh Saha, cercetarea fenomenelor astrofizice a fost pusă definitiv pe baze nucleare, începînd încă de prin anii 1921. Agentul energetic al acestor reacții este căldura; de aceea ele se numesc reacții termonucleare. Bazîndu-se pe progresele obținute între timp de teoriile cuantice ale fenomenelor atomice, Atkinson a elaborat, în 1931, prima teorie a reacțiilor termonucleare solare și stelare.

Cam prin anul 1938 au început să se clarifice și amănuntele mai importante ale reacțiilor termonucleare din Soare. Mai întîi, mecanismul lor, iar

în ultimii ani și celelalte aspecte ca, de pildă, probabilitatea anumitor reacții, durata anumitor etape etc. Studiind reacțiile nucleare în laboratoarele terestre și făcîndu-se o serie de calcule matematice, s-a putut trage concluzia certă că în Soare are loc în permanență un proces treptat de fuziune a atomilor de hidrogen în heliu. Ba mai mult, s-a stabilit că la diverse temperaturi heliul poate fi produs pe cel puțin trei căi diferite. Rezultatele acestea sînt legate mai ales de numele lui Bethe și Critchfield, precum și de acelea ale lui von Weizsäcker și Gamov. Fundamentul teoretic al calculelor proceselor nucleare celor mai verosimile ce se pot petrece în stele îl constituie teoria lui Gamov, care stabilește condițiile energetice și fizice în care poate fi străpuns puternicul scut electric care apără nucleul atomului.

Cifra de bază de la care s-a pornit în aceste calcule este temperatura centrală a Soarelui, apreciată în prezent la 13—15 milioane grade Celsius. Aproximativ 57% din greutatea Soarelui e alcătuită din hidrogen; dintre nucleele mai grele, ponderea cea mai mare o are heliul; cărbunele și azotul nu reprezintă decît 0,6% din greutatea totală a astrului. În asemenea condiții, atomii ușori, dar chiar și cei grei, aleargă cu o viteză atît de mare și se ciocnesc unul de altul cu o energie atît de ridicată, încît își pierd toți sau aproape toți electronii care le alcătuiesc învelișul. Atomii astfel ionizați, împreună cu nucleele eliberate și cu electronii, nelegați de structura atomică, alcătuiesc o substanță specială, asemănătoare unui gaz, care se deosebește însă cu totul de gazele terestre cunoscute, — între altele, prin faptul caracteristic că densitatea lor întrece de cîteva ori pe cea a plumbului sau a aurului. Gazul acesta electronic-nuclear, cu o stare de agregație specială, se numește **plasmă**. Un cen-

timetru cub din plasma Soarelui cîntărește 70—100 grame. Un păhărel de vin umplut cu plasmă cîntărește aproximativ 3,5 kg. Grea și fierbinte băutură! Aproape de 5 ori mai grea decît aurul și platina, la o temperatură de aproape 15 milioane de grade.

RETROSPECTIVĂ ISTORICĂ: NOUA CARTE A GENEZEI

Încă la începutul secolului trecut, W. Prout — farmacist și chimist englez — a emis ipoteza îndrăzneață că toate elementele chimice sînt constituite din hidrogen, care servește — într-un fel — drept cărămidă la construirea lor. Într-o lucrare publicată anonim în 1815, pe coloanele revistei Annals of Philosophy, Prout a susținut că deosebirile calitative dintre ele s-ar reduce astfel la deosebiri cantitative în numărul componenților de hidrogen. Ipoteza lui Prout a fost însă respinsă timp de un secol; nu se putea explica de ce atunci masa unui atom de heliu este mai mică decît masa a patru atomi de hidrogen. Ecuația lui Einstein a permis, la începutul secolului nostru, să se explice acest defect de masă, și astfel ipoteza lui Prout a pășit din nou în sfera verosimilului. În ultimii ani ea a găsit și o confirmare directă: construirea elementelor în univers are loc într-adevăr datorită unui treptat și ascendent proces de sinteză, în care hidrogenul joacă rolul materiei prime ancestrale, din cărămizile căruia sînt fabricate toate elementele chimice mai complexe. Însuși Prout nu a făcut însă altceva decît să reactualizeze ideea anticilor filozofi greci despre existența unei materii primare din care s-a format lumea, în toată diversitatea ei.

Această idee părea multora de-a dreptul himerică. Însă Prout a întrezărit în elementul hidrogen calitățile esențiale ale acestei materii primare. „Dacă vederile pe care am îndrăznit să le anticipez sînt corecte, atunci putem considera că Πρώη τΰλη (prote hüle, — materie primară) a anticilor se realizează în hidrogen; o părere care, în treacăt fie zis, nu este în întregime nouă", scria Prout în 1815. Acum, datorită cercetărilor recente, s-a dezvelit și mecanismul concret al formării elementelor și al luminilor din atomii materiei primare a hidrogenului și s-a precizat astfel, în amănuntele esențiale, tabloul istoriei universului, pe care l-a schițat — acum 25 de secole — Democrit din Abdera. „Atomii aceștia se mișcă la întîmplare în vid, lovindu-se fără noimă unii de alții, din pricina mișcării lor neîncetate și dezordonate, și, încolăcindu-se între ei din cauza formelor lor deosebite, se desfac iarăși. În chipul acesta iau ființă lumea și cele dintr-însa, sau mai degrabă lumile fără număr".

„La început a fost Cuvîntul" — spune evanghelistul. Noua carte a Genezei scrisă de-a lungul ultimelor 25 de secole, începe, în fine, cu solida și bine verificata aserțiune: „La început a fost protonul". Noua carte a Genezei ne-a fost dăruită și ea de profeți, dar de profeți ai rațiunii, care, asemănător vălului Penelopei, au țesut și au desfăcut, apoi iar au refăcut în mod continuu cu modificări esențiale țesătura ei, ajungînd să concentreze în ea din ce în ce mai multe motive și idei nepieritoare.

Această carte era opusă scripturii sfinte a Genezei oficiale. Din această carte subversivă, construită de generații, lipsea creatorul divin — sau, mai bine-zis, însăși Natura apărea drept propria sa creatoare. Și forțele tenebre simțeau, cu infailibilul lor simț de autoconservare, că în dosul frazelor abstracte se ascunde un manifest al răzvrătirii îm-

potriva ordinii legale stabilite. Și secole de-a rîndul, au fost persecutați aceia care au susținut ideile atomismului. Astfel, în 1348, Sorbona a hotărît să reîntoarcă pe unul din fiii săi rătăciți — Nicolas d'Autrecour — pe drumul credinței. În acest scop,



Se scrie noua carte a Genezei

Nicolas d'Autrecour a trebuit să retracteze în public în total 60 de teze din cartea sa „Despre erorile filozofilor și ale teologilor", teze despre care Universitatea a constatat că sînt printre acelea condamnate de Scaunul Sfînt. Pe scurt, conținutul tezelor anatemate era : Incertitudinea în studiul naturii ar înceta dacă în loc de Aristotel sau Averroes ne-am îndrepta rațiunea asupra lucrurilor înseși. Lucrurile nu pot fi create din nimic și nu pot fi distruse, ele au o existență eternă. În natură nu există decît mișcarea atomilor, care se asociază și se disociază mereu. Apariția noului are loc atunci cînd atomii se unesc și determină astfel natura unui lucru nou ; dispariția are loc atunci cînd atomii se disociază. Lumina este un șuvoi de corpuscule ce se desprind din Soare și se propagă cu o viteză finită. Universul însuși este etern și indestructibil. Cartea lui d'Autrecour a fost arsă de călău, iar el însuși a fost silit să-și recunoască gravele sale abateri de la textele sfinte, să-și combată și să-și retragă în public învățăturile. Urmînd ritmul ritualului pedant al Școlii, el a înșirat pe rînd cele 60 de teze condamnate, desolidarizîndu-se de ele prin formula verbală a acestor negre ceremonii : „Teza 36, item, că există lucruri absolut permanente și eterne... : o revoc fiind falsă, eretică și eronată. Teza 37, item, că în lucrurile naturii nu este decît mișcarea spațială, reuniune și desfacere ; astfel că se numește o naștere adunarea la un loc, legătura ce se stabilește între atomi în urma mișcării, stabilindu-se o unică proprietate ; iar procesul de separație se numește distrugere... Susțin că acest articol este eretic și îmi dau seama că e fals". Și așa mai departe. D'Autrecour nu a fost nici primul și nici ultimul sacrificat al dogmelor. Prigoana a fost însă inutilă :

triumful atomului nu a putut fi împiedicat nici în domeniul cosmogoniei. Noua carte de Istorie a Naturii vorbește de peregrinările și de metamorfozele atomilor.

PRIMA ZI A CREAȚIEI...

La început a fost — așadar — protonul. Sub influența forțelor de gravitație, mediul turbulent de hidrogen se coagulează, se contractă și se concentrează în permanență. Are loc o transformare a energiei gravitaționale în energie cinetică a particulelor, ce se manifestă sub forma unei temperaturi crescînde. Dacă temperatura, în centrul unei stele în care predomină hidrogenul, depășește 5 milioane grade, protonii cîștigă viteze uriașe și devine posibilă unirea lor. Prin unirea a doi protoni ia naștere prima pereche de corpusculi. În cursul acestui proces, unul din ei își pierde sarcina electrică pozitivă și se transformă în neutron. În felul acesta se formează, prin fuziune termonucleară, nucleul izotopului de hidrogen greu, nucleul de deuteriu, compus dintr-un proton și un neutron $\left(D_{1}^{2}\right)$. Sarcina pierdută reapare, sub forma unui electron pozitiv (e^{+}). Ca o consecință a coliziunii, ia ființă și un neutrino (ν):



$$H_{1}^{1} + H_{1}^{1} \longrightarrow D_{1}^{2} + e^{+} + \nu$$

Reacția aceasta este relativ lentă: în centrul Soarelui un proton aleargă, în medie, cam 14 miliarde de ani pînă cînd întîlnește protonul ales,

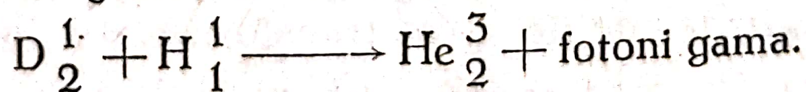
cu care să se unească. Mult timp îi mai trebuie pînă își găsește perechea! Și aproape 10 miliarde de ani durează pînă cînd se împerechează toți protonii. Cu aceasta s-a făcut primul pas decisiv. Materia ancestrală, hidrogenul, a ieșit din nemișcarea sa — care părea veșnică — și a pornit pe calea organizării progresive în elemente materiale „multicelulare", avînd o structură internă mai complexă. A început opera de construire a tabloului lui Mendeleev, din cărămizi de hidrogen. Și aici — primul pas este cel mai greu. Atît de greu, că în laborator nu a reușit pînă acum reproducerea reacției de sinteză a deuteriului. Totuși, în baza unor grele argumente teoretice, se poate susține că la temperaturile și presiunile din interiorul stelelor ea trebuie să aibă loc cu certitudine.

La rîndul său, pozitronul care a apărut se anihilează rapid, după ce întîlnește un electron — devenind liberă și pe această cale o cantitate determinată de energie (purtată de fotoni-gama).



$$e^{+} + e^{-} \longrightarrow 2 \text{ fotoni gama.}$$

Nucleul de deuteriu nou format nu-i lăsat însă să trăiască în tihnă: peste o temperatură de aproximativ 400 000° C protonii dispun de suficientă energie ca să înfrîngă forța de rezistență a centurii de protecție electrică din jurul nucleului de deuteriu. Odată străpuns, acest înveliș protector — protonul — pătrunde în nucleu, se unește cu el și dă naștere unui izotop ușor de heliu. Acest proces pune în libertate o energie de circa 10 MeV de fiecare nucleu. Reacția este însoțită și de emisie de fotoni gama, de energii corespunzătoare.



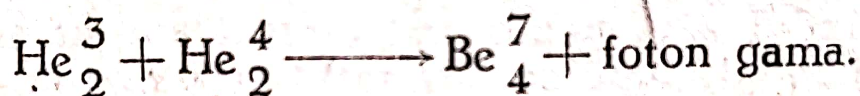
$$D\,{}^{1}_{2} + H\,{}^{1}_{1} \longrightarrow He\,{}^{3}_{2} + \text{fotoni gama.}$$

După ce primul pas greu a fost realizat, evenimentele continuă într-un ritm accelerat. Această ultimă reacție termonucleară, spre deosebire de

fuziunea protonilor între ei, are loc într-un timp foarte scurt ; în medie, un proton se unește cu nucleul deuteriului în 5,7 secunde. Și, probabil, în mai puțin de 4 secunde (3,9 secunde), jumătatea nucleelor de deuteriu care participă la reacție se transformă în nuclee ale atomului de He_2^3.

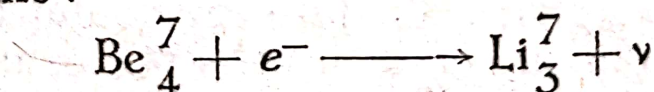
Iată dar că primul pas în procesul creației nu durează nici cît ai bate din palme de două ori ; în acest timp a luat ființă cel de-al doilea element care figurează în tabloul lui Mendeleev : heliul.

De aici înainte, teoretic, se poate înainta spre construirea heliului obișnuit, pe două căi diferite. Prima cale : izotopul nou format al heliului, fuzionînd cu heliul obișnuit, dă naștere unui izotop ușor, radioactiv, al beriliului.



$$He_2^3 + He_2^4 \longrightarrow Be_4^7 + \text{foton gama.}$$

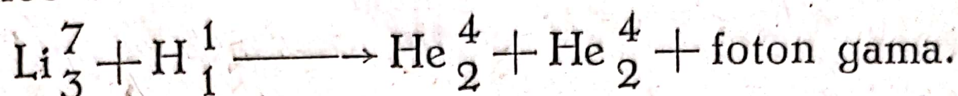
Potrivit calculelor (mai vechi), procesul acesta e lent : numărul nucleelor de heliu care participă la reacție nu scade la jumătate decît abia în decurs de 40 de milioane de ani. Din dezintegrarea beriliului, provocată de captarea unui electron de pe învelișul electronic al atomului de beriliu, rezultă un izotop greu, stabil, al litiului, și concomitent apare un neutrino :



$$Be_4^7 + e^- \longrightarrow Li_3^7 + \nu$$

Transformarea atomului Be_4^7 se desfășoară cu rapiditate. Viața medie a unui atom de beriliu-7 durează 61 de zile. În 43 de zile, jumătate din numărul atomilor de Be_4^7 se transformă în litiu. Atomul de litiu nu rămîne însă nici el prea multă vreme întreg. La o temperatură de aproximativ 2 milioane de grade, protonul, datorită cantității suficiente de energie, pătrunde în nucleul atomului

de litiu, îl despică în două şi se contopeşte cu una din cele două părţi, care nu sînt altceva decît două nuclee stabile ale atomului obişnuit de heliu.



$$Li_{3}^{7} + H_{1}^{1} \longrightarrow He_{2}^{4} + He_{2}^{4} + \text{foton gama.}$$

Această ultimă reacţie este identică cu transformarea nucleară clasică, descoperită de Cockroft şi Walton şi cunoscută din experienţele efectuate în diferite laboratoare. Viaţa medie a atomului de litiu nu atinge nici 1,5 minute. Aproape într-un minut, jumătatea atomilor de litiu angajaţi în reacţie explodează. Heliul care ia naştere nu se mai dezintegrează. El e stabil şi într-un anumit sens are o viaţă eternă : neschimbător reziduu al acestei combustii nucleare, care devine, ca particulă alfa, alături de proton, o cărămidă fundamentală în construirea nucleelor mai grele, păstrîndu-şi — între anumite limite — individualitatea, chiar la o eventuală dezintegrare a nucleului.

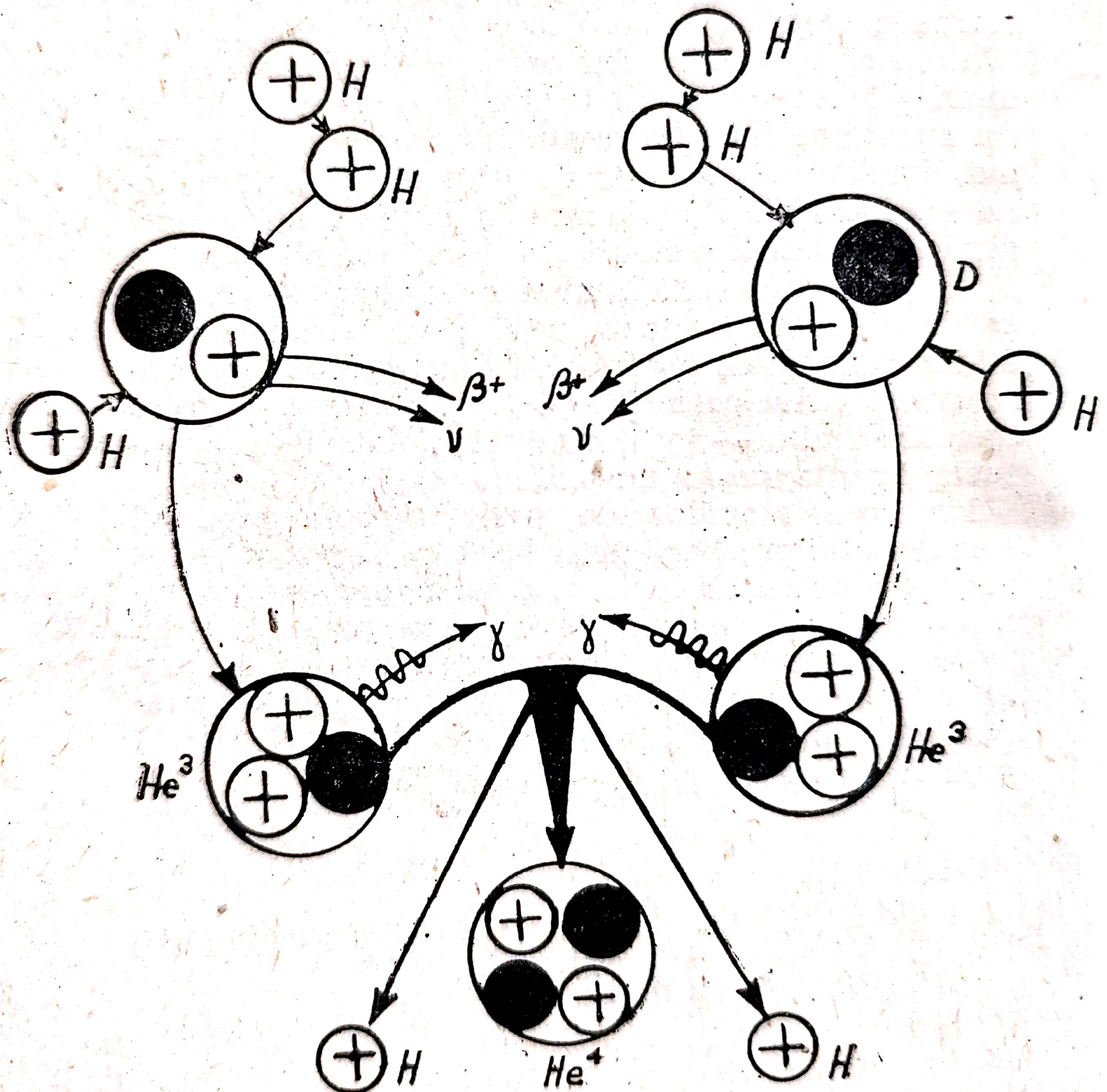
Naşterea atomilor de heliu încheie procesul transformărilor ; beriliul şi litiul au servit în acest proces doar ca mijlocitori, catalizatori, care să înlesnească formarea treptată a atomului de heliu.

Dat fiind că în reacţia aceasta formarea nucleului de heliu se produce sub acţiunea unui permanent bombardament de protoni, procesul poartă numele de reacţie protonică.

REACŢIA NUCLEARĂ CARE PRODUCE ENERGIA SOLARĂ

Multă vreme s-a crezut că reacţia protonică nu se poate produce altfel decît pe calea descrisă mai sus.

În anul 1951 însă, Lawritsen, Fowler, în S.U.A., și independent de ei Evry Schatzmann, în Franța, au demonstrat că deîndată ce izotopul ușor de heliu (He_2^3) s-a format, reacția protonică se continuă pe altă cale.

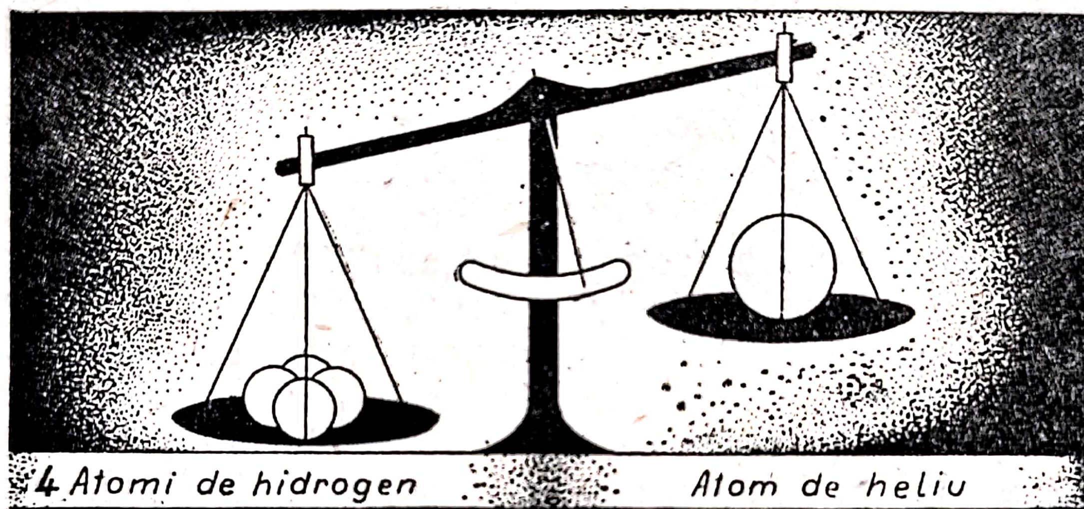


Sinteza heliului în ciclul protono-protonic

În locul celor trei reacţii care contribuie la formarea lui treptată şi dezintegrarea beriliului şi a litiului, drumul se scurtează considerabil şi, datorită fuziunii celor doi izotopi, uşori ai heliului, ia naştere nucleul atomului de heliu obişnuit şi cele două nuclee ale atomului de hidrogen :



$$He_2^3 + He_2^3 \longrightarrow He_2^4 + 2\,H_1^1$$



Patru atomi de hidrogen cîntăresc mai mult ca un atom de heliu

Acest proces este şi el foarte lent: un nucleu de He_2^3 rătăceşte aproape un milion de ani pînă să fuzioneze cu un alt nucleu de He_2^3. Cantitatea de He_2^3 se epuizează, prin această împerechere, abia în 700 000 de ani.

Potrivit calculelor, este de o sută de ori mai probabil ca în interiorul Soarelui să aibă loc cea de a doua reacţie protonică şi nu reacţia protonică mijlocită de beriliu şi litiu. În 1954, un grup de cercetători de la laboratoarele din Oak-Ridge

(Good, Kinz și Moak) au verificat experimental existența acestui proces de sinteză, al cărui rezultat este că 4 atomi de hidrogen se unesc, dînd naștere unui atom de heliu. Masa atomului de heliu, care ia naștere pe calea acestei reacții termonucleare, rămîne inferioară sumei maselor atomice ale elementelor din fuzionarea cărora a luat ființă. Pe baza formulei lui Einstein, acest defect de masă este echivalent, în cazul unui singur atom de heliu, cu cca 24,16 milioane eV. Dacă socotim însă și energia purtată de corpusculele neutrino, ce se formează, precum și cea provenită din anihilarea pozitronilor după formarea deuteriului, atunci cantitatea totală de energie eliberată se ridică la 26,7 MeV.

Un gram de hidrogen conține 6.10^{23} atomi. Dat fiind că o calorie mică face cît $2,6.10^{13}$ milioane eV, un calcul simplu ne duce la concluzia că prin fuzionarea a 4 grame de hidrogen se eliberează o energie de aproape 160 de miliarde de calorii mici, în medie, pe fiecare gram de heliu. Pe această bază, la fiecare 4 grame de heliu produse într-un ciclu complet vom obține o energie de circa 700 000 kilowatt-ore (kWh).

Fiecare din cele două variante ale reacției protonice formează un cerc închis : amîndouă pornesc de la fuziunea a doi protoni și se încheie cu formarea unui atom de heliu, care apare, în ambele cazuri, însoțit de cîte doi protoni, iar aceștia, la rîndul lor, după circa 14 miliarde de ani, intră din nou în reacție și hora se reia de la capăt.

Reacția protono-protonică preconizată de Fowler și Schatzmann constituie, în evoluția substanței, procesul primar, care introduce în haosul turbulent un principiu de ordine și progres. Pe baza acestor teorii s-a putut da o explicație satisfăcătoare și la celelalte întrebări legate de economia energetică a stelelor: durata vieții Soarelui; inten-

sitatea constantă a radiațiilor solare. Soarele, după date recente, nu va consuma mai mult de 10% din întreaga sa rezervă de hidrogen. Masa Soarelui fiind egală cu $1,9.10^{33}$ gr, se poate calcula (știind că el conține cca 57% hidrogen) că, prin transformarea a 10% a rezervei sale de hidrogen în heliu, astrul nostru va putea produce o cantitate de energie de ordinul a 10^{50} erg. Dintr-un articol al lui A. Unsöld (martie 1957) rezultă că, în aceste condiții, abia după 6 miliarde de ani ar apărea o scădere simțitoare în intensitatea radiației solare. Or, conform datelor geologice și astronomice, astăzi se apreciază că vîrsta Soarelui probabil nu depășește 5 miliarde de ani. De aici rezultă că, de la nașterea sa, intensitatea energiei radiate de Soare în spațiu nu a diminuat încă în mod esențial.

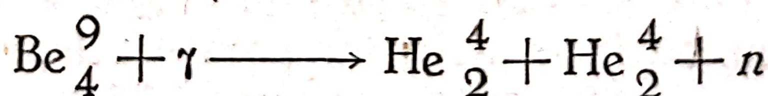
ISTORIA COSMICĂ A CARBONULUI

Reacția protono-protonică a lui Fowler și Schatzmann constituie procesul primar al evoluției materiei.

Iată cum descrie Fowler, într-un studiu apărut în februarie 1957, evoluția ulterioară a universului stelar. Nucleii de heliu care iau naștere nu mai interacționează între ei la temperatura la care s-au format. Pe măsură ce se consumă hidrogenul, se formează un fel de nucleu, un fel de inimă din heliu, care, sub influența forțelor gravitaționale, începe să se contracte. Energia gravitațională se transformă în energie cinetică, temperatura începe să se ridice. Ca urmare, scoarța, învelișul astrului se dilată enorm, dobîndește o uriașă suprafață exterioară. Aceasta creează posibilitatea ca

energia să fie iradiată la o temperatură superficială mai scăzută, și steaua va luci într-o lumină roșie, devenind, ceea ce numesc de mult astronomii, un gigant roșu. Existența giganților roșii constituie o dovadă pentru faptul că după ce astrul și-a consumat rezerva de hidrogen dispune de o fierbinte inimă de heliu, a cărei temperatură, pe baza unor calcule teoretice, se apreciază a fi de ordinul a 100 de milioane de grade.

Și acum urmează o mare problemă. Cum să depășim epoca de heliu, cum va continua materia să reînvie din această cenușă fierbinte, cum va continua să evolueze depășind inerția chimică ce devine din nou stăpînă? Iată nodul gordian — după cum îl numește Fowler — prima importantă piedică în continuarea genealogiei elementelor chimice. Căci din reuniunea a doi nuclei de heliu va trebui să ia naștere un atom cu masa 8, anume un izotop al beriliului. Or, în natură, nu se cunoaște un element cu această masă atomică. Dacă el totuși există, trebuie să fie foarte nestabil. Existența enigmaticului izotop de beriliu are o importanță crucială: aceasta părea să fie cheia situației. Încă în 1939 Glückauf și Paneth au observat că, sub influența radiației gama, nucleul izotopului stabil al beriliului se scindează în două particule alfa, eliberînd un neutron.



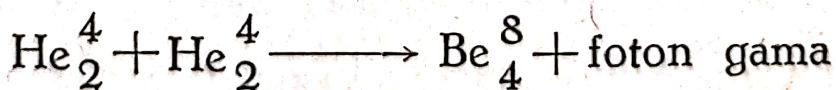
$$Be_4^9 + \gamma \longrightarrow He_2^4 + He_2^4 + n$$

Este probabil că în prealabil Be_4^9 s-a transformat în izotopul de masă-8 a beriliului, care se dezintegrează instantaneu în două nuclee de heliu.

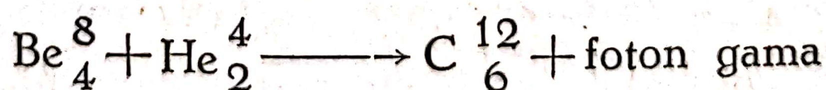
Peste zece ani, în 1949, Hemmendinger, la Los Alamos, Tollestrup, Fowler și Lawritsen, la universitatea din California, au confirmat experimental

existența izotopului Be $^{8}_{4}$ și au constatat că se dezintegrează, într-adevăr (cu un timp de înjumătățire de mai puțin de o secundă), în două nuclee de heliu, eliberînd însă o cantitate relativ redusă de energie.

Pe baza acestor experiențe, E. E. Salpeter a elaborat, în 1952, teoria depășirii epocii de heliu din evoluția stelelor. Calculele sale au arătat că dacă din coeziunea a două nuclee de heliu, nu poate rezulta, la temperatura din interiorul stelelor, un izotop stabil al beriliului, totuși, cu toată dezintegrarea aproape spontană a beriliului 8, — la 200 milioane de grade temperatură se realizează un echilibru stabil între procesul de formare și cel de dezintegrare a beriliului. O cantitate mică, dar reală și fermă de beriliu-8 supraviețuiește în permanență, ducînd la o concentrație slabă (de cca. $1/10^{10}$) de Be $^{8}_{4}$. Salpeter, bazîndu-se pe observații experimentale, făcute în laborator pe elemente stabile ușoare, a preconizat că izotopul Be $^{8}_{4}$ poate capta un al treilea nucleu de heliu, și în urma fuziunii se poate transforma în izotopul stabil și cel mai frecvent al carbonului, C $^{12}_{6}$, proces însoțit de eliberare de energie sub forma radiației gama.



$$He^{4}_{2} + He^{4}_{2} \longrightarrow Be^{8}_{4} + \text{foton gama}$$



$$Be^{8}_{4} + He^{4}_{2} \longrightarrow C^{12}_{6} + \text{foton gama}$$

În această reacție s-ar realiza un spor total de cca. 7,4 MeV și de cca. 2,4 MeV pe nucleu de heliu. Această reacție trebuia însă verificată, lucru pe care l-au și făcut Fowler și colaboratorii săi, în

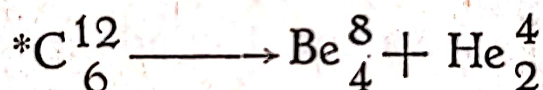
1956, pe o cale indirectă. Ei au pornit de la izotopul de masă 11 al borului, pe care l-au bombardat cu nuclei repezi de deuteriu, obținînd izotopul radioactiv B^{12}_{5} al borului. Acesta — în urma captării unui electron de pe învelișul-K al atomului — se dezintegrează, cu un timp de înjumătățire de 2.10^2 secunde, și se transformă — eliminînd totodată un neutrino — într-un izotop al carbonului, ce se găsește într-o specifică stare de excitație. Acesta, în urma expulzării unei particule alfa, se transformă în Be^{8}_{4}, iar acesta se scindează rapid în două nuclee de heliu.



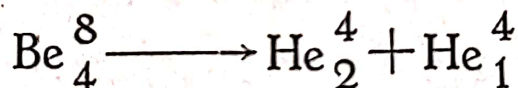
$$B^{11}_{5} + D^{2}_{1} \longrightarrow B^{12}_{5} + H^{1}_{1}$$



$$B^{12}_{5} + e^{-} \longrightarrow {}^{*}C^{12}_{6} + \nu$$



$$^{*}C^{12}_{6} \longrightarrow Be^{8}_{4} + He^{4}_{2}$$



$$Be^{8}_{4} \longrightarrow He^{4}_{2} + He^{4}_{1}$$

Pe baza unor considerații teoretice de ordin general se poate deduce că acest proces este reversibil și că în condițiile fizice din interiorul giganților roșii se realizează formarea carbonului pe această cale. Astfel se ajunge — în urma interacțiunii nucleelor de heliu, la carbonul-12 în stadiul excitat ($^{*}Ca^{16}_{6}$)iar o parte din acesta se transformă — prin emisie de fotoni gama — în izotopul stabil C^{12}_{6} al carbonului. Transformarea borului-11 în izotopul de masă-12 al aceluiași element, prin bombardarea cu nuclee de deuteriu, precum și transmutația spontană a acestuia în izotopul stabil C^{12}_{6} al

carbonului, au fost demonstrate pe cale experimentală încă acum 20 de ani. Nouă este descoperirea că cca. 1% din cantitatea de bor-12 ce se dezintegrează se transformă în izotopul $^{*}C_{6}^{12}$ al carbonului, care se găsește într-o stare excitată și se dezintegrează rapid în 3 particule alfa (prin intermediul izotopului Be_{4}^{8}). Prin aceasta s-a stabilit baza teoretică și experimentală pentru eliberarea din starea inertă a epocii de heliu și poate continua construirea elementelor următoare din tabloul lui Mendeleev. Primul pas a constat, pe scurt, în fuziunea treptată a patru nuclei de hidrogen într-un nucleu de heliu. Stadiul al doilea constă în fuziunea a trei nuclee de heliu într-un nucleu de carbon. Cel de al doilea proces are loc în giganticele stele roșii. Dacă stelele în care are loc formarea carbonului din heliu sînt instabile, atunci din acestea va putea ajunge în spațiul interstelar hidrogen și heliu nears amestecat cu carbon.

În ciclul lui Salpeter, carbonul se formează din heliu, sărind peste elementele ce se află în tabloul periodic între aceste două elemente, anume litiul, beriliul, borul. Observațiile arată că frecvența acestor elemente este într-adevăr foarte scăzută, ceea ce înseamnează că ele sînt, probabil, produse de procese secundare mai puțin însemnate, necunoscute încă. Experiențele de laborator arată că aceste elemente ușoare se scindează ușor în nuclee de heliu, în urma interacțiunii cu protoni rapizi. Aceasta înseamnă că formarea lor nu poate avea loc în interiorul stelelor fierbinți, deoarece aici ele ar fi distruse pe măsură ce se formează în urma ciocnirilor cu nucleele rapide de hidrogen.

După formarea izotopului C_{6}^{12} al carbonului, heliul este consumat în mod succesiv într-un ritm

strîns. Prin captarea unei particule alfa, carbonul C^{12}_{6} se transformă întîi în oxigen O^{6}_{8}; după o nouă captură de heliu, oxigenul se transformă în neon, Ne^{20}_{10} şi poate că acesta mai captează un nucleu de heliu, transformîndu-se în acest caz în magneziu, Mg^{24}_{12}. Probabil însă că, o dată cu naşterea neonului, captura particulelor alfa s-a sfîrşit din cauza epuizării heliului. Acum — în urma, probabil, a exploziilor stelelor din prima generaţie — pot lua naştere concentrări masive formate din hidrogen primar amestecat cu heliu, oxigen, neon. Există însă şi o altă ramură a evoluţiei stelare decît cea descrisă mai sus (şi probabil, încă multe altele, în prezent necunoscute).

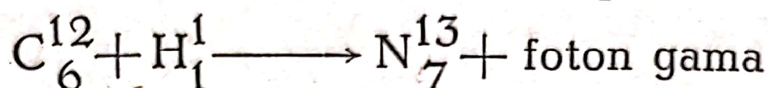
Aşa, în prezenţa carbonului şi la o temperatură de peste 15 milioane grade, are loc un alt proces nuclear, descoperit încă în anul 1938, de Bethe.

HELIU — PRIN MIJLOCIREA CARBONULUI ŞI A AZOTULUI

În procesul acesta termonuclear pornim de la atomul de carbon, pe care astronomul sovietic Şain l-a identificat încă din anul 1924, în atmosfera stelelor, sub formă de C^{12}_{6} şi izotopul său C^{13}_{6}.

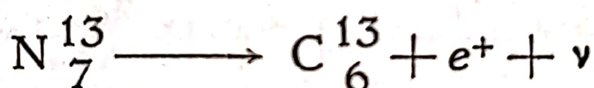
În nucleul atomului obişnuit C^{12}_{6} pătrunde un proton (nucleul atomului de hidrogen), şi din unirea lor rezultă un izotop uşor al azotului. Reacţia

este însoţită de radiaţie gama — manifestare sub formă de radiaţie a unei părţi din energia eliberată. Protonul rătăceşte în medie 13 milioane de ani pînă să poată fuziona cu un atom de carbon; iar în 9 milioane de ani este consumată jumătate din cantitatea de carbon care ia parte la reacţie.



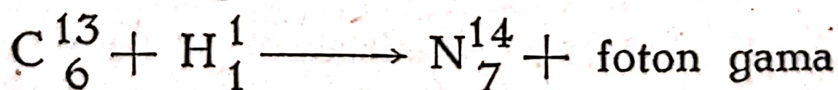
$$C_6^{12} + H_1^1 \longrightarrow N_7^{13} + \text{foton gama}$$

Reacţia aceasta este bine cunoscută din laborator. Ea a fost deseori reprodusă cu ajutorul protonilor rapizi. Izotopul uşor de azot nu este stabil; e radioactiv şi se dezintegrează, emiţînd un electron pozitiv şi un neutrino. Dezintegrarea sa este o urmare a faptului că unul din protonii nucleului se transformă în neutron. În cinci minute (după date recente), jumătate din atomii de azot explodează şi se transformă într-unul din izotopii mai grei, stabili, ai carbonului. Durata medie a vieţii unui atom de azot este — după aceleaşi date — de şapte minute.



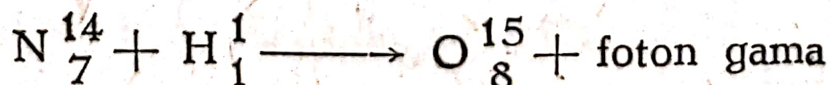
$$N_7^{13} \longrightarrow C_6^{13} + e^+ + \nu$$

După 2,7 milioane de ani, un al doilea proton se ciocneşte cu unul din nucleele atomilor de carbon, dînd naştere unui atom de azot obişnuit, eliberîndu-se concomitent şi o cantitate de energie sub forma radiaţiei gama:



$$C_6^{13} + H_1^1 \longrightarrow N_7^{14} + \text{foton gama}$$

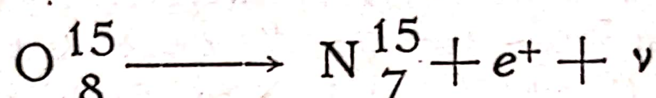
Timpul de înjumătăţire al acestui proces termonuclear este de aproape 2 milioane de ani. După un vagabondaj de alte 320 de milioane de ani, nucleul azotului stabil se izbeşte de un al treilea proton şi ia naştere un izotop radioactiv uşor al oxigenului.



$$N_7^{14} + H_1^1 \longrightarrow O_8^{15} + \text{foton gama}$$

Procesul acesta se desfășoară deci extrem de lent, avînd un timp de înjumătățire de aproape 224 milioane de ani.

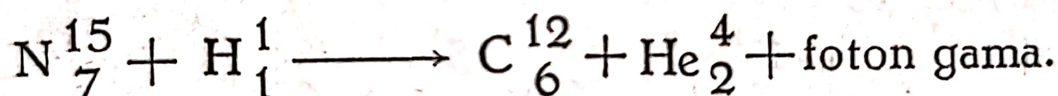
În schimb, oxigenul radioactiv se dezintegrează foarte repede. După date recente, numai în 56 de secunde jumătate din numărul atomilor de oxigen se transformă în izotopul stabil, greu, al azotului, eliberînd, concomitent cu această transformare, un electron pozitiv și un neutrino. Atomul de oxigen trăiește în medie cam 82 de secunde :



$$O^{15}_{8} \longrightarrow N^{15}_{7} + e^{+} + \nu$$

După o peregrinare de vreo 100 000 de ani, un al patrulea proton rapid se izbește și el de nucleul atomului de azot, dînd naștere unui atom de carbon obișnuit și unui atom de heliu. Timpul de înjumătățire al acestei reacții este de 70 000 de ani.

Cu aceasta, întregul proces ia sfîrșit, căci ne-am întors de unde am plecat.

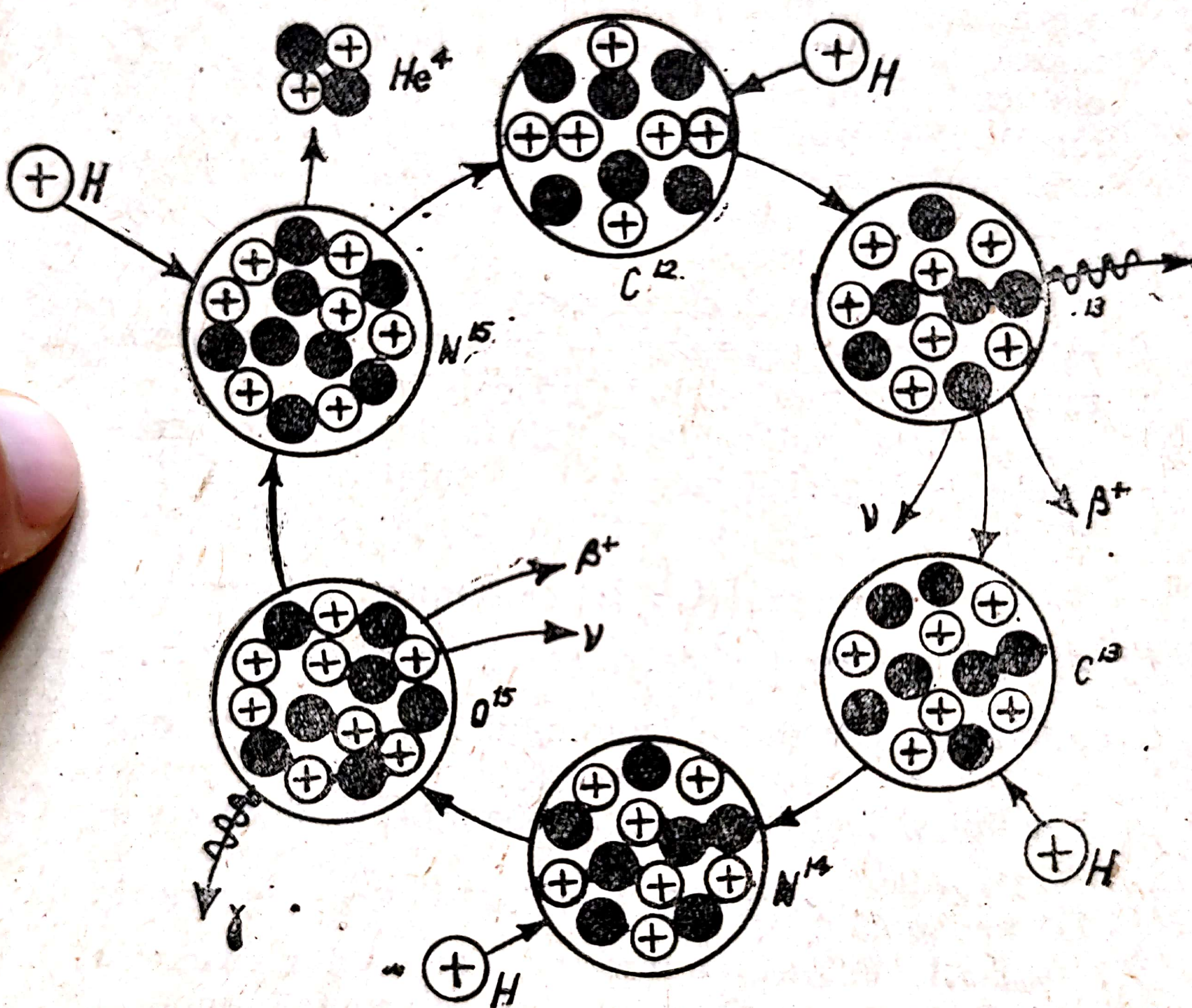


$$N^{15}_{7} + H^{1}_{1} \longrightarrow C^{12}_{6} + He^{4}_{2} + \text{foton gama.}$$

Am pornit de la atomul de carbon obișnuit și — după șase pași — am ajuns tot la el. Acum procesul poate fi reluat de la capăt. În tot acest timp se prind în horă 4 atomi de hidrogen, iar la capătul întregului lanț de reacții se obține un atom de heliu.

În cercul acesta vicios, carbonul se dezintegrează și se reface mereu într-un anumit fel, jucînd rolul unui „catalizator" care favorizează formarea treptată a heliului din hidrogen. Procesul acesta catalic, termonuclear se numește ciclul carbono-azotic. (C-N), sau — după numele descoperitorului — ciclul Bethe. Durata unui ciclu este de peste 300 milioane de ani. Iată cît timp trebuie să treacă pentru ca să se refacă un nou ciclu asemănător cu cel inițial.

În afară de reacția protonică și de ciclul carbonului, mai există, precum am văzut, și alte reacții nucleare care pot servi ca izvoare de energie. Cît privește Soarele însă, putem considera ca un fapt aproape sigur că, în afară de ciclul carbonului și



Ciclul Bethe

de reacția protonică, acesta nu mai dispune de alte surse energetice mai importante.

Se poate demonstra teoretic că în Soare, în condițiile energetice de acolo, nu pot să apară, prin captarea treptată a protonului (care stă la baza ciclului Bethe), atomi cu un număr de ordine mai

mare de 9 (numărul de ordine al oxigenului este 8, iar al fluorului 9). Prin urmare, cantitatea de elemente mai grele din interiorul Soarelui rămîne constantă : nici nu scade, nici nu crește. Tot pe cale de deducții teoretice s-a stabilit că izvorul de energie al stelelor mai puțin fierbinți este reacția protonică, iar al celor cu o temperatură înaltă — ciclul carbonului. După calculele din anul 1951 ale lui Fowler, pînă la aproximativ 15 milioane de grade rolul principal este deținut de reacția protonică, iar peste această temperatură, de ciclul carbonului.

În Soare, cele două procese se dezvoltă paralel, rolul principal revenind — în funcție de temperatură — cînd unui ciclu, cînd celuilalt.

Astrofizicianul sovietic Șain a descoperit (rezultatele descoperirii sale și le-a publicat în 1942 și 1951) că, într-un anumit tip (tip-N) al giganților roșii, izotopul greu $\left(C^{13}_{6}\right)$ al carbonului este prezent într-o concentrație mai mare. El a găsit că raportul dintre cantitatea izotopului greu, $\left(C^{13}_{6}\right)$ al carbonului și izotopul stabil, obișnuit C^{12}_{6} al carbonului $\left(C^{13}_{6}/C^{12}_{6}\right)$ variază de la 1 la 19. Aceasta vine în sprijinul ideii că în interiorul giganților roșii are loc formarea carbonului, care participă apoi la reacția termonucleară catalitică a ciclului-Bethe.

Bilanțul energetic al ciclului carbono-azotic este următorul : la formarea fiecărui nucleu de heliu se eliberează cca. 25 MeV, la care se mai adaugă energia transportată de neutronii apăruți în cele două dezintegrări beta, așa încît în total devine disponibilă o cantitate de 26,7 MeV energie pe nucleu de heliu.

Am făcut cunoştinţă, mai sus, cu principalele reacţii termonucleare care alimentează cu energie Soarele nostru şi alte stele. Cu toate că pot fi considerate ca fiind cele mai importante — totuşi aceste reacţii nu constituie unicele surse de energie ale corpurilor cereşti. Afară de sursele gravitaţionale şi mecanice, probabil un rol important joacă în multe cazuri sursele energetice de natură pur electromagnetică. Trebuie să ţinem cont de asemenea şi de faptul că dezintegrarea radioactivă, precum şi fisiunea unor nuclee mai grele pot constitui, în multe cazuri, surse suplimentare — în unele cazuri, precum vom vedea, chiar surse principale de energie. Aici vrem doar să amintim de una din interesantele posibilităţi, preconizate încă în 1937 de cunoscutul fizician sovietic Landau. El a arătat că în condiţiile unei densităţi supraînalte a substanţei stelare poate avea loc o transformare a neutronilor în protoni, după formula :



$$n \longrightarrow p + e^{-} + \nu$$

Transformarea neutronului în proton este însoţită de eliberarea unei cantităţi nu prea mari de energie (0,78 MeV). Această reacţie nu poate constitui principala sursă energetică a stelei — ea apare însă în momentul în care resursele energetice ale stelei se apropie de sfîrşit.

CONSECINŢE ŞI CONFIRMĂRI

Din cele de mai sus se pot trage concluzii teoretice foarte importante, relativ la proporţia şi concentraţia protonilor şi a elementelor ciclului carbon în Soare. Ba mai mult, dat fiind că proporţia aceasta ne este îndeajuns de bine cunoscută din datele ob-

ținute de astrofizică, ni se creează posibilitatea să verificăm, într-o anumită măsură, presupunerile noastre relative la procesele nucleare care se desfășoară în Soare.

Din analiza teoretică a primului ciclu protonic (produs prin mijlocirea litiului) rezultă că frecvența elementului Li^7 în Soare este de aproximativ 10^{15} ori (de un milion de miliarde de ori) mai mică decît a protonului, respectiv a hidrogenului. Într-adevăr, pînă acum nu s-a reușit să se identifice prezența litiului în Soare.

Cea de a doua variantă a ciclului protonic, produsă prin mijlocirea deuteriului, ne duce și ea la concluzii asemănătoare. Am văzut că deuteriul este un rezultat al fuziunii și al interacțiunii dintre protoni care se ciocnesc. Am amintit atunci că procesul acesta este foarte lent : în medie, pînă să se producă fuziunea a doi protoni și să ia naștere din fuziune acesta, trec 14 miliarde de ani. Apoi urmează etapa a doua : consumarea deuteriului. După o nouă ciocnire, tot cu un proton, se formează izotopul ușor al heliului. Procesul acesta se petrece însă într-un timp extrem de scurt: în medie, la fiecare 5—6 secunde se formează cîte un atom de heliu. Prin urmare, protonii consumă nucleele de deuteriu de $8,10^{16}$ ori (de 80 de milioane de miliarde de ori) mai repede decît le produc. Abia recent, în 1951, a reușit Claas să descopere în Soare urme de deuteriu. Concentrația deuteriului în atmosfera solară este de $2,5. 10^{-6}$ %, adică de ordinul sutelor de milionimi ; pe Pămînt, însă, la fiecare 6 000 de atomi de hidrogen se găsește cîte unul de deuteriu.

Să vedem acum, pe baza datelor ciclului carbon, care este concentrația de carbon și azot în Soare.

În cazul ciclului carbon, prima reacție constă în transformarea de către protoni, a nucleelor C^{12}_{6}, în atomi N^{13}, iar în cea de a patra reacție, tot pro-

tonii, unindu-se cu nucleele N_7^{14}, dau naştere atomilor O_8^{15}. În prima reacţie, protonii consumă carbon C_6^{12}, iar în a patra azot N_7^{14}. Am văzut mai sus că dintre atomii C_6^{12} nu se transformă, în medie, decît abia unul la 13 milioane de ani, în timp ce atomii N_7^{14} se transformă, în medie, la $2,7 \cdot 10^6$ (2,7 milioane) ani o dată. Prin urmare, atomii de carbon se consumă, în medie, de 4—5 ori mai încet. Deosebirea însă nu-i exagerat de mare, astfel că poate fi pusă perfect de acord cu datele observaţiilor, care arată concentraţia lui C_6^{12} şi a lui N_7^{14} în Soare, ca fiind aproximativ egale.

La a 6-a reacţie participă din nou protonii, care însă, de astă dată, fuzionează cu izotopul greu N_7^{15} al azotului. O asemenea împerechere are loc la 110 000 de ani o dată ; prin urmare, izotopul N_7^{15} al azotului se consumă în ciclul carbonic de mai bine de trei mii de ori mai repede decît azotul N_7^{14}. Măsurînd concentraţia celor doi izotopi de azot, astrofizicienii au stabilit că proporţia lor întrece cu mult proporţia terestră dintre N_7^{14} şi N_7^{15}. Pe Pămînt, la 262 atomi de N_7^{14} revine, în medie, cîte un izotop de N_7^{15}.

Comparînd proporţia în care sînt răspîndite în Soare şi pe Pămînt anumite elemente şi izotopii lor, se poate trage concluzia, între altele, că probabil,

Pămîntul s-a rupt din Soare, încă pe cînd temperatura Soarelui era cu mult mai scăzută decît cea pe care o are acum și încă nu se stabilise proporția de astăzi în echilibrul izotopilor elementelor care participă la ciclul carbonului.

În sfîrșit, s-a afirmat că în mod neîndoielnic energia radiată de Soare și de stele nu numai că produce lumina, dar ne și transportă pe Pămînt o parte din energia atomică produsă în Cosmos. S-ar putea deci spune că ne aduc probe, eșantioane, materiale din substanța corpurilor cerești. Cînd ziua sau noaptea scrutăm cu privirea firmamentul — în sclipirea Soarelui sau a stelelor — avem în față imaginea, de proporții gigantice, a eliberării energiei nucleare, realizată în natură.

GENEZA ELEMENTELOR GRELE

Primele două puncte nodale în istoria dezvoltării elementelor au fost, pînă acum : heliul și carbonul. În epoca de carbon, în cadrul ciclului Bethe se formează azot și oxigen. Toate aceste elemente prezintă o abundență cosmică medie relativ ridicată față de frecvența celorlalte elemente — în parte, deoarece cantități de azot și de oxigen supraviețuiesc formării heliului în ciclul Bethe. Este inutil să accentuăm rolul covîrșitor jucat de hidrogenul primar, apoi de carbon, azot, oxigen în apariția și evoluția vieții. Este foarte curios că tocmai elementele necesare apariției fenomenului vital joacă un rol atît de decisiv și în viața Cosmosului, a microcosmului și macrocosmului deopotrivă. Rolul important pe care-l joacă aceste elemente cruciale, atît din punct de vedere calitativ, cît și din punct de vedere cantitativ, nu sugerează oare ideea că viața nu poate fi un fenomen atît de ex-

traordinar, un fapt aproape miraculos și excepțional în univers, din moment ce condițiile chimice cele mai elementare, materia primă a cărămizilor celulare, sînt prezente pretutindeni, cu atîta insistență și abundență ?

Dar rolul acestor elemente este deopotrivă covîrșitor și în geneza ulterioară a microcosmului chimic. Descoperirea posibilității teoretice și practice a construirii elementelor grele de la capătul tabloului periodic constituie nu numai una din cele mai remarcabile rezultate științifice ale anilor 1955—1957, dar totodată și una din cele mai surprinzătoare manifestări ale astrofizicii experimentale practicate în laboratoarele moderne terestre.

Deși reacțiile care duc la formarea elementelor mai complexe nu sînt încă atît de bine cunoscute în amănuntele lor cantitative ca reacțiile primare (protonică și carbono-azotică), totuși ele sînt suficient de bine precizate pentru a ne da certitudinea că elementele chimice grele pot lua naștere în permanență în interiorul stelelor.

Revista Naturwissenschaften a publicat în numărul său din iunie 1957 un amplu studiu al lui S. Temesvary, care reprezintă stadiul actual al problemei. Înainte de toate, observațiile lui P. W. Merrill, executate cu instrumentele observatoarelor de pe munții Wilson și Palomar, și publicate în 1952, au produs o dovadă surprinzătoare a formării continue a elementelor grele în Cosmos. Existența unor elemente grele în corpurile cerești este de mult cunoscută. Acum s-a dovedit însă că ele sînt fabricate în permanență în stele, concluzie de o mare importanță atît pentru științele naturii, cît și pentru filozofie.

Merrill a găsit în spectrul unor stele, cu o temperatură superficială relativ scăzută (în jurul a 3 000° C), liniile elementului techniciu (Tc^{99}_{43}).

Acesta ocupă locul 43 în tabloul lui Mendeleev și are toți izotopii nestabili.

Pînă în 1937 nu s-a cunoscut nici un element chimic cu numărul atomic 43. Totuși, existența sa a fost prevăzută încă în 1877, de Mendeleev. În 1937, Emilio Segré a obținut pentru prima dată acest element prin bombardarea elementului vecin, molibdenul (număr de ordine: 42), cu nuclee de deuteriu. Elementul 43 din tabloul lui Mendeleev a fost primul element creat pe cale artificială și complet necunoscut pînă atunci în stare naturală. De aceea a și primit numele de tehniciu, de la cuvîntul grecesc „tehné", care înseamnă „artă", „meșteșug". Astăzi, techniciul se obține ca unul din produsele secundare ale fisiunii nucleare în reactorii atomici. La fiecare kg de plutoniu se formează cc. 10 gr de tehniciu. Pînă acum s-au identificat 19 izotopi ai techniciului. Emițînd un electron, techniciul se transformă în ruteniu, elementul următor (numărul de ordine 44 în tabloul periodic). Dintre izotopii techniciului, cel mai lung timp de înjumătățire îl are techniciul 99, și anume din orice cantitate de Tc^{99} într-un interval de timp de 216 000 de ani se dezintegrează jumătate. Aceasta este însă o durată infimă la scară astronomică, ceea ce înseamnă că prezența techniciului în stele dovedește formarea acestuia și în prezent. Descoperirea lui Merrill a produs mare surpriză printre astronomi, deoarece — după cum menționează Temesvary — pînă atunci era foarte răspîndită opinia că frecvența actuală a elementelor grele din Cosmos „trebuie să fie înșirată printre datele inițiale ale creației, căci sinteza elementelor mai grele, în condițiile care domnesc în Cosmos, este prea puțin verosimilă". Teoria creaționistă cu privire la geneza elementelor cosmice, teorie ce se leagă mai ales de numele lui Gamov, a fost astfel în esență infirmată.

Pe Pămînt, techniciul a rămas și pe mai departe

necunoscut, în stare naturală. Dat fiind că dintre izotopii acestui element niciunul nu este stabil — iar cel mai durabil dintre ei are și el un timp de înjumătățire de numai cu ceva mai mult de două-sute de mii de ani, s-a crezut că — avînd în vedere vîrsta respectabilă a Pămîntului, care se cifrează la peste patru miliarde de ani — în scoarța terestră nu s-ar mai putea găsi nici urme de techniciu. Iată însă că în 1954 W. Herr a demonstrat existența techniciului și în scoarța pămîntească — o descoperire care pune probleme grele în fața teoriilor cu privire la formarea și la geneza elementelor cosmice mai grele, atît în Cosmos, cît și pe Pămînt.

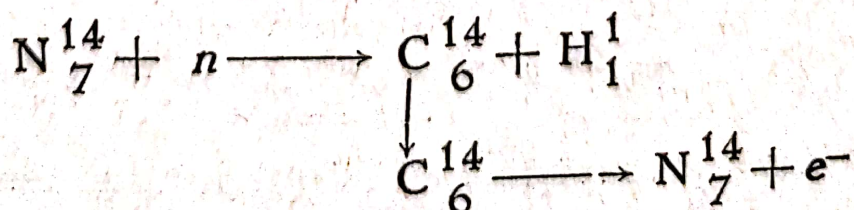
Pentru a explica formarea acestor elemente grele, era necesar să se găsească în stele reacții nucleare care să producă cantități abundente de neutroni liberi.

Greenstein, în 1954, și Cameron, în 1955, au demonstrat în mod independent că izotopul C-13 al carbonului, care se formează în ciclul lui Bethe, fuzionînd cu un nucleu de heliu se transformă în izotopul obișnuit, O-16, al oxigenului. Totodată se eliberează un neutron și devine disponibilă energie.



$$C^{13}_{6} + He^{4}_{2} \longrightarrow O^{16}_{8} + n$$

Însă Fowler și soții Burbidge au arătat (în 1955) că azotul, N^{14}_{7}, din ciclul Bethe este avid de neutroni. Captînd un neutron, azotul se transformă într-un izotop instabil al carbonului C^{14}_{6}, iar acesta prin emisie de electroni, se transformă din nou în azot N^{14}_{7}.



$$N^{14}_{7} + n \longrightarrow C^{14}_{6} + H^{1}_{1}$$
$$C^{14}_{6} \longrightarrow N^{14}_{7} + e^{-}$$

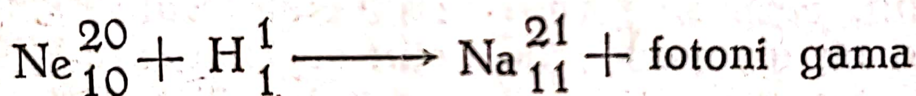
În esență, aici N^{14}_{7} a jucat rolul de catalizator într-o reacție care a transformat un neutron al carbonului într-un proton:



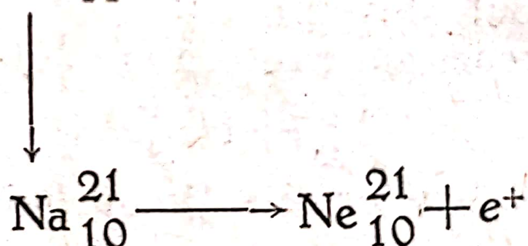
$$n \longrightarrow p + e^-$$

Însă Fowler și soții Burbidge au arătat (tot în 1955) că din ciclul Salpeter pot fi deduse alte reacții producătoare de neutroni.

Am văzut că izotopul C^{12}_{6} care se formează în ciclul Salpeter prin două captări succesive de heliu, dă naștere neonului, Ne^{20}_{10}. Izotopul acesta, în urma unei coeziuni cu un proton, se transformă acum în izotopul Na^{21}_{11} al natriului. Acesta este nestabil, și emițînd un pozitron se dezintegrează și se transformă în izotopul de masă-21, al neonului.

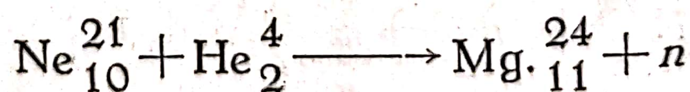


$$Ne^{20}_{10} + H^{1}_{1} \longrightarrow Na^{21}_{11} + \text{fotoni gama}$$



$$Na^{21}_{10} \longrightarrow Ne^{21}_{10} + e^+$$

Ei bine, izotopul de masă-21 al neonului devine acum punctul de pornire al unei reacții producătoare de neutroni liberi: Ne^{21}_{10} fuzionează cu un nucleu de heliu și dă naștere unui nucleu de magneziu Mg^{24}_{12}, eliberînd totodată un neutron.



$$Ne^{21}_{10} + He^{4}_{2} \longrightarrow Mg.^{24}_{11} + n$$

Dacă presupunem că azotul avid de neutroni $^{14}_{7}$

se epuizează mai repede decît producţia neutronului din neon-21, atunci devine explicabilă formarea elementelor mai grele pînă la titan (Ti^{50}_{22}).

Pentru a explica formarea elementelor mai grele din grupul fier-nichel mai este nevoie încă şi de rezolvarea unor probleme deosebite. F. Hoyle a emis ipoteza că sinteza grupului fier-nichel poate avea loc cu ocazia unor explozii stelare uriaşe ale unor corpuri cereşti, numite supernove. Steaua ce explodează ar expulza astfel în spaţiu, între altele, şi cantităţi de fier. Aşa s-ar explica, după părerea lui Hoyle, abundenţa relativă a fierului în Cosmos. Într-adevăr, după cum rezultă şi dintr-un tabel publicat de Voigt în octombrie 1957, din punct de vedere al numărului de atomi fierul este al şaptelea pe scara de frecvenţă a răspîndirii elementelor chimice în Cosmos. Din punct de vedere al greutăţii, fierul se găseşte însă pe al cincilea loc. Dintr-un milion de atomi, în medie 839 000 sînt atomi de hidrogen, 159 000 — atomi de heliu, 680 — atomi de oxigen, 640 — de neon, 200 — de azot, 130 — de carbon şi 64 — de fier. Dintr-o tonă de materie cosmică, în medie, 556 de kg este hidrogen, 421 kg este heliu, 8,5 kg — neon, 7,2 kg — oxigen şi 2,4 kg — fier. Printre elementele mai grele, fierul are în mod incontestabil cea mai mare frecvenţă. Îşi are oare şi istoria Cosmosului epoca sa de fier?

Menţionăm că toate aceste explicaţii nu clarifică decît în parte mecanismul izvorului de energie al stelelor. Dacă explicaţia dată în legătură cu Soarele poate fi considerată în linii mari ca satisfăcătoare, pe firmament pot fi văzute totuşi numeroase stele, a căror strălucire încă nu a putut fi explicată din punct de vedere fizic.

Dar, oricare ar fi situaţia, cuvintele profetice ale lui Emden: „Drumul spre cunoaşterea stelelor trece prin atom", s-au adeverit pe de-a-ntregul. Sic itur ad astra.

NEUTRINO

Printre reacţiile nucleare din stele şi din Soare există unele în urma cărora am spus că apar nişte corpuscule elementare, numite neutrino.

Spre deosebire de electron, proton, neutron — corpuscule care au apărut întîi pe cale experimentală — corpuscula neutrino a apărut acum douăzeci şi cinci de ani, doar ca o simplă ipoteză teoretică, spre a explica cu ajutorul său comportamentul paradoxal al unor procese radioactive.

Apariţia aproape a tuturor corpusculelor infraatomice este legată de cîte o mare şi adesea deosebit de pasionantă aventură a spiritului. Unele dintre acestea, cum sînt electronul, protonul, neutronul, majoritatea recentelor particule mezonice, au fost descoperite, în mod neprevăzut, pe cale experimentală. Fenomene palpabile, înainte necunoscute, au constituit primele vestigii ale existenţei acestora. În toate aceste cazuri, observaţia directă a obiectului a precedat în mod nemijlocit formarea noţiunii. Deşi din punct de vedere al laboratorului nu fără emoţii — din punctul de vedere al teoriei cunoaşterii, totul a decurs însă în cel mai deplin respect al tiparelor clasice din chimie şi fizică.

Dar iată că unele corpuscule au rezervat surprize cu totul speciale nu numai fizicienilor, ci şi acelora care se interesau de latura generală, filozofică a procesului de cunoaştere. Însăşi noţiunea de atom,

iar apoi conceptul de pozitron, mezon, antiproton, antineutron au apărut întîi și au ființat mult timp pe scena științei doar ca noțiuni; verificarea lor experimentală a venit abia ulterior.

Ce este fapta lui Gauss sau a lui Leverrier pe lîngă descoperirea acestora? Cei doi astronomi au determinat pe calea calculului corpuri cerești invizibile, deducînd asupra existenței lor din imediatele efecte de atracție pe care acestea le exercitau asupra vecinilor — la fel precum din mișcarea unor marionete conchidem asupra existenței manevranților.

Pozitronul, antiprotonul, respectiv mezonul au apărut în teorie din necesitatea de a menține generalitatea unor principii specifice microcosmului nuclear. Existența lor nu se putea bănui — ca în cazul planetei Neptun — din imediatele efecte exercitate asupra mediului înconjurător.

Ceea ce privește în mod special ideea particulei neutrino, ea a fost construită parcă la comandă, nu din dorința de a menține generalitatea vreunui special principiu microcosmic, ci din necesitatea de a menține și în lumea nucleului atomic principiul conservării energiei, un principiu fundamental al întregii fizici, însă de proveniență filozofică.

Iată, pe scurt, evenimentele. Mai întîi, radioactivitatea. Nucleele atomilor se dezintegrează. Dezintegrarea — un fel de explozie parțială a nucleului — este însoțită de o oarecare cheltuială de energie. Particulele expulzate duc cu ele această energie. Este firesc ca să se presupună că energia de dezintegrare este constantă la nucleele aceluiași element. Se cunosc însă două tipuri mari de dezintegrare; nucleele primului tip expulzează particule alfa (dezintegrare alfa). În al doilea tip, apar particule beta negative (electroni obișnuiți) sau pozitive (pozitroni). În fine, se mai cunoaște un tip deosebit de dezintegrare în care are loc transmutația elementului, fără ca să

apară radiația radioactivă. În aceste cazuri, procesul de transmutație a nucleului are loc în urma captării celui mai apropiat electron de pe învelișul atomului (dezintegrare beta inversă).

Secretul dezintegrării alfa a fost relativ repede clarificat. Particula alfa este un nucleu de heliu care conține 2 protoni și 2 neutroni. Este deci încărcat cu două sarcini electrice pozitive. Prin expulzarea unei particule alfa, nucleul atomului pierde doi protoni, adică două sarcini elementare pozitive; în consecință, elementul rezultat va avea un număr atomic mai mic cu două unități — va ocupa deci în tabloul lui Mendeleev o căsuță cu două locuri mai la stînga. Remarcabil la dezintegrarea alfa este faptul că viteza inițială, deci energia cu care părăsesc particulele nucleul radioactiv, este exprimată printr-un număr caracteristic, constant pentru o anumită substanță. Un element radioactiv poate fi identificat, la nevoie, după energia particulelor alfa pe care le expulzează din nucleu. Energia particulelor alfa emise de nucleu este tot atît de caracteristică pentru un element radioactiv ca și timpul de înjumătățire. De altfel, între aceste două există o strînsă legătură. Cu cît timpul de înjumătățire este mai scurt, cu atît numărul nucleelor ce se dezintegrează este mai mare, cu atît mai mare este și energia particulei alfa expulzate. Astfel, bunăoară, un element radioactiv care expulzează particule alfa de mare energie (7,8 MeV)— elementul RaC', un izotop al poloniului, cu numărul atomic 84—are timpul de înjumătățire de $1{,}5.10^{-4}$ sec (ceva mai mult ca a zecemiimea parte dintr-o secundă). El se transformă în RaB, un izotop al plumbului (numărul atomic 82). Energia radiației alfa poate fi exprimată plastic și prin lungimea drumului parcurs în aer, la presiune normală și 15°C. Astfel, radiația alfa emisa din RaC' au un parcurs de 7,06 cm. Radiul obișnuit (număr atomic

88) emite radiații alfa și se transformă în radon (număr atomic 86). Drumul parcurs de o particulă alfa expulzată de Ra este de cca. 3,3 cm, iar timpul de înjumătățire — de aproape 1 600 de ani. Poloniul-84 se transformă în RaC, un izotop al plumbului (82), emițînd particule alfa, cu un parcurs de 3,77 cm ; timpul de înjumătățire al poloniului este de 140 de zile*. Esența dezintegrării alfa a fost încă în 1928 în mod satisfăcător explicată pe cale teoretică, de către G. Gamov. Particulele alfa transportă deci energia de dezintegrare a nucleului. Pînă acum totul era, așadar, în regulă. Dar iată că dezintegrarea beta a prezentat fizicienilor surprize neplăcute, constituind decenii întregi un adevărat mister al fizicii nucleului.

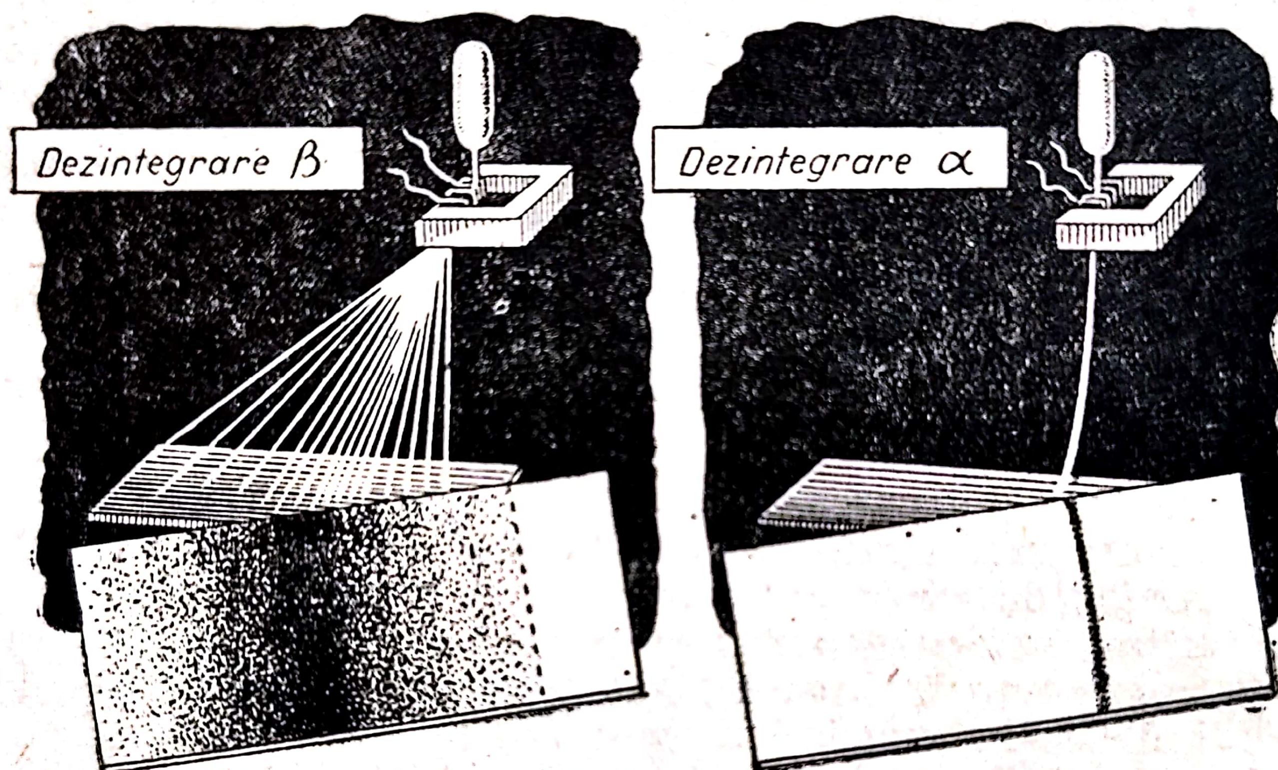
Numeroase substanțe se dezintegrează emițînd particule beta negative (electroni) sau pozitive (pozitroni). Cele care emit electroni cîștigă o sarcină elementară pozitivă, deci se mută cu o căsuță mai la dreapta, în tabloul lui Mendeleev. Astfel, de exemplu, izotopul greu al hidrogenului, tritiul, este radioactiv, și în urma emisiei de electroni se transformă în heliu. De asemenea, stronțiul 90, cu numărul atomic 38, se dezintegrează emițînd electroni, transformîndu-se într-un element cu numărul atomic 39 (ytriu). Prin emiterea unui pozitron, nucleul pierde o sarcină pozitivă. Se transformă deci într-un element care are numărul atomic cu o unitate mai mică.

Din punct de vedere al energiei purtate de particulele beta, lucrurile se prezintă cu totul diferit — și deosebit de paradoxal față de cazul radiației

---

* Mai nou s-a introdus, pentru măsurarea energiei radiațiilor radioactive, unitatea Rutherford cu simbolul **„rd"**. O unitate **rd** reprezintă un milion de unități dezintegrate pe secundă. 1 gr U238 are 0,12 **rd**, adică dintr-un gr de U238 se dezintegrează 120 000 de atomi pe secundă ; 1 gr de Ra 222 are 37 000 **rd**, ceea ce în unitățile vechi corespunde la 1 curie (37 miliarde particule dezintegrate).

alfa. Anume, particulele beta nu posedă fiecare în parte aceeași energie constantă, caracteristică pentru elementul ce se dezintegrează. Dimpotrivă, energiile pe care le posedă electronii emiși se repartizează după un spectru continuu, precum a demonstrat-o Blackett, încă în 1914. Ivanenko și Heisenberg au stabilit, în mod independent, că în



Dezintegrarea beta și dezintegrarea alfa

nucleu nu se găsesc electroni. Existența radiației beta poate fi explicată numai prin transformarea în interiorul nucleului a unui proton în neutron sau a unui neutron în proton.

Cînd un proton se transformă în neutron, nucleul pierde o sarcină elementară pozitivă, care apare sub forma unui pozitron:



$$p \longrightarrow n + e^{+}$$

Sau, invers: cînd un neutron se transformă în proton, apare deci o sarcină pozitivă în plus, în schimb, apare un electron negativ:



$$n \longrightarrow p + e^-$$

S-a stabilit mai departe, prin măsurători precise, că energia de dezintegrare a nucleului este constantă și aceeași pentru fiecare atom al aceleiași substanțe. Dar dacă energia electronilor expulzați variază, înseamnă că radiația beta nu ia cu sine toată cantitatea de energie de dezintegrare a nucleului. Unde a dispărut diferența dintre energia de dezintegrare și energia particulelor beta ?

PRINCIPIUL CONSERVĂRII ENERGIEI CONTESTAT

Iată o gravă enigmă ce se punea în fața fizicienilor. Dat fiind că nu se putea da de urma diferenței de energie, explicația imediată și fără îndoială cea mai comodă era că diferența de energie s-a pierdut, s-a nimicit efectiv. Consecința : principiul conservării energiei nu mai este valabil în domeniul atomic.

Această explicație a fost propusă de marele fizician danez Niels Bohr. Dacă explicația lui Bohr se adeverea, atunci aceasta ar fi însemnat că principiul conservării energiei nu mai are valabilitate universală în natură, că energia poate fi nimicită și deci probabil și creată din nimic. Principiul conservării energiei a devenit contestat în largi cercuri de fizicieni și filozofi. Și ce consecințe ar fi avut asupra cercetării ulterioare acceptarea explicației lui Bohr ? Acceptarea ca satisfăcătoare a acestei explicații ar fi putut aduce sistarea cercetărilor în acest domeniu. Poate atunci s-ar fi părut unora că sistarea cercetărilor reflectă o stare de fapt foarte

îmbucurătoare: elucidarea completă a fenomenului prin explicaţia dată. De la înălţimea celui de al 6-lea deceniu, însă, apare cu absolută claritate că o asemenea sistare ar fi însemnat de fapt o stagnare penibilă şi ar fi fost nu un semn al perfecţiunii, ci o mărturie a incapacităţii. Renunţarea la principiul conservării ar fi exercitat un incontestabil efect de frînare asupra cercetărilor. Propunerea marelui fizician de a renunţa la principiul conservării energiei s-a alimentat şi ea dintr-o autentică sursă filozofică: pozitivismul.

NEUTRINO SALVEAZĂ PRINCIPIUL CONSERVĂRII

Fizicianul elveţian Wolfgang Pauli a pornit însă pe calea opusă, a menţinerii — mai bine zis a salvării principiului conservării energiei.

În scopul de a păstra valabilitatea legii conservării, Pauli a presupus existenţa unui corpuscul care trebuia să transporte diferenţa de energie în discuţie. Proprietăţile acestei particule elementare erau modelate în aşa fel, încît principiul conservării energiei să rămînă în vigoare şi în cazul dezintegrării beta. În acest caz, particula în chestiune trebuia să fie neutră din punct de vedere electric, să aibă o masă mult inferioară masei electronului (cel puţin de cîteva sute de ori mai mică) şi să interacţioneze atît de slab cu substanţa, încît prezenţa să nu poată fi semnalată cu uşurinţă. Fermi a botezat, în 1933, această particulă cu numele de **neutrino.** Dacă aceasta există, transformările ce se petrec în nucleu cu ocazia dezintegrării beta trebuie să fie:

$$p \longrightarrow n + e^{+} + \nu$$

respectiv :

$$n \longrightarrow p + e^{-} + \nu$$

Așadar, în această ipoteză, particula neutrino trebuie să ducă cu sine diferența de energie dintre energia de dezintegrare și cea a particulei beta. Acolo unde particula beta poartă o energie mai mică, particula neutrino este dotată cu o energie mai mare : spectrul energetic al particulelor beta este compensat astfel de un spectru energetic complimentar al particulelor neutrino, suma lor rămînînd constantă și egală cu energia de dezintegrare.

Ipoteza particulei neutrino a fost primită cu multe rezerve. Mulți fizicieni nu au acceptat-o de loc, căci nu se întrevedea nici o posibilitate practică de a verifica experimental existența ei.

Totuși, cei ce nu voiau să renunțe la principiul conservării energiei trebuiau să admită existența ei. Au început primele tentative de verificări experimentale, măcar indirecte.

În 1935, fizicianul sovietic Leipunski a încercat să se convingă de existența particulei neutrino, pe baza următorului raționament : în momentul cînd un neutrino apare, acesta exercită asupra nucleului un efect de recul, exact ca un glonte expulzat dintr-un pistol. Așadar reculul nucleului supus dezintegrării beta trebuie să fie mai puternic decît reculul produs numai de reacția electronului. Leipunski a măsurat în acest scop reculul nucleului unui izotop al borului B^{11}, care ia naștere din izotopul radioactiv al carbonului C^{11}, în urma emisiei de pozitroni. A găsit că reculul este într-adevăr mai mare ca cel ce ar trebui să fie atunci, dacă efectul reactiv ar fi exercitat numai de particule beta. Totuși, experiențele lui Leipunski nu au fost

încă suficient de concludente: interpretarea lor nu era absolut univocă.

Peste cîţiva ani, în 1942, Allen a repetat, în S.U.A., experienţa lui Leipunski, în condiţii mai bune şi a confirmat concluziile fizicianului sovietic cu privire la existenţa unui recul ce s-ar putea datora particulei neutrino.

Încă în 1937, Luiz Alvarez a demonstrat pe cale experimentală existenţa unui proces de dezintegrare deosebit, denumit dezintegrare beta inversă. Aceasta constă în următoarele: nucleul atomului captează un electron de pe stratul cel mai apropiat de nucleu al învelişului electronic, numit învelişul-K; însuşi procesul se numeşte captare-K. În urma captării-K, un proton din nucleu se transformă în neutron, după următoarea formulă:



$$p + e^- \longrightarrow n + \nu$$

Însuşi nucleul suferă o transmutaţie, deoarece numărul său de ordine din tabloul periodic scade cu o unitate.

În acest caz, bineînţeles, nu mai apare nici o radiaţie beta, ci trebuie să apară numai particula neutrino. În cazul unei captări-K, dacă într-adevăr apare particula neutrino, trebuie să se observe un recul al nucleului ce se datorează în acest caz numai corpusculei ipotetice a lui Pauli. Pe deasupra, în acest caz, particulele neutrino trebuie să posede toate aceeaşi cantitate de energie.

Meier-Leibnitz a găsit şi a studiat un caz de transmutaţie prin captarea-K deosebit de interesant: este vorba de transformarea beriliului radioactiv Be^7_4 în Li^7_3 (proces care are loc — e adevărat că într-o proporţie relativ redusă — şi în stele). S-ar fi putut presupune că o asemenea transformare trebuie să fie însoţită de emisie de pozitroni, deoarece Be^7_4 transformîndu-se în Li^7_3

pierde o sarcină pozitivă. Dar nu s-a putut observa nici o urmă de radiaţie pozitronică. O serie de experienţe subtile au dus la rezultatul incontestabil că beriliul se transformă în litiu prin intermediul unei captări de electron-K. La transformarea beriliului în litiu devine disponibilă o cantitate de energie de 800 000 eV. Unde dispare ea, din moment ce nu există radiaţii beta care să transporte cel puţin o parte ? Din nou numai particula neutrino putea salva situaţia. Alichanov a vrut să studieze încă în 1939 dacă există în cazul nucleului de Be$^{4}_{7}$ vreun efect de recul decelabil sau nu. Războiul însă l-a împiedicat în realizarea experienţei. În fine, în 1942, tot Allen a demonstrat că nucleul de beriliu suferă într-adevăr şocul de recul aşteptat.



$$Be^{7}_{4} + e^{-} \longrightarrow Li^{7}_{3} + \nu$$

Prin aceasta a fost obţinută prima dovadă indirectă a existenţei particulei neutrino.

STELELE — SURSE DE NEUTRINO

Era însă nevoie şi de o dovadă directă a existenţei particulei fantomă — cum a fost ea supranumită. Pentru a întreprinde o asemenea experienţă, era nevoie de o sursă permanentă şi bogată în neutrino.

În natură există o singură sursă asemănătoare: stelele. Astfel, în reacţiile nucleare din Soare avem de-a face cu dezintegrarea azotului (număr atomic 7), care în urma emisiei unui pozitron se transformă în carbon (număr atomic 6). De asemenea, izotopul radioactiv al oxigenului (număr atomic 8)

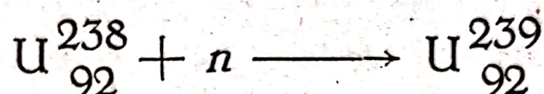
se transformă, în urma emisiei de pozitroni, în azot (număr atomic 7). Toate aceste dezintegrări beta sînt însoţite de emisie de neutrino. De asemenea, după teoria mai sus amintită a lui Landau, în stelele de mare densitate — care şi-au epuizat principalele lor resurse energetice — are loc, probabil, transformarea neutronilor în protoni, fenomen însoţit de apariţia corpusculei neutrino. Calculele teoretice arată că cca. 6% din energia totală radiată de stele este transportată de fluxul de neutrino. Din aceleaşi calcule reiese că pe fiecare cm pătrat al suprafeţei pămîntului cad din spaţiul cosmic cca. 300 de miliarde de particule neutrino.

Interacţiunea acestei particule cu materia este incomparabil mai slabă decît a oricărei alte particule elementare. De aceea fluxul de neutrino străbate spaţiile interastrale, stelele, toate corpurile materiale fără nici o pierdere sensibilă. Materia este transparentă pentru fluxul de neutrino. De exemplu, globul pămîntesc este în stare să absoarbă abia un neutrino din 1 000 de miliarde. Razele gama sau particulele de înaltă energie sînt absorbite de un strat de plumb de cîţiva centimetri grosime. Pentru a absoarbe un neutrino ar fi nevoie de o placă de plumb a cărei grosime să întreacă zeci de ani lumină!

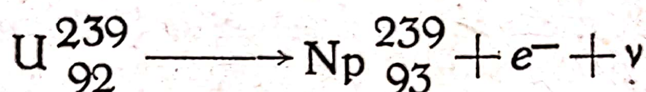
1956: SE VERIFICĂ EXISTENŢA PARTICULEI NEUTRINO

A doua sursă pentru obţinerea particulei neutrino se găseşte în interiorul reactorilor nucleari. În reactor, sub acţiunea neutronilor rapizi, uraniul 238 obişnuit se transformă în uraniu-239. Ura-

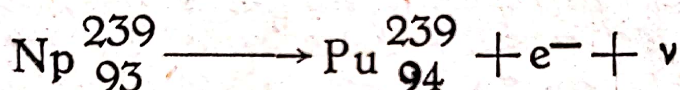
niul-239 (numărul de ordine 92) este radioactiv şi — avînd un timp de înjumătăţire de 23 minute— se transformă în neptuniu-239 (Np, cu numărul atomic 92), în urma unei dezintegrări beta negative. Neptuniul este de asemenea radioactiv şi tot datorită unui proces de dezintegrare beta negativ, cu timpul de înjumătăţire de cca. 32 ore, se transformă în plutoniu-239, care ocupă locul nr. 94 în sistemul periodic.



$$U^{238}_{92} + n \longrightarrow U^{239}_{92}$$



$$U^{239}_{92} \longrightarrow Np^{239}_{93} + e^- + \nu$$



$$Np^{239}_{93} \longrightarrow Pu^{239}_{94} + e^- + \nu$$

Plutoniul este substanţă fisibilă şi la fel ca U-235, serveşte ca exploziv la bomba-A sau H, sau ca material de combustie pentru reactorii nucleari.

Cca. 5% din energia produsă de reactor este transportată de fluxul de neutrino. Un reactor cu o capacitate de 100 000 kw degajă cca. 2.10^{19} neutrino pe secundă — cam tot atît cît ar produce pe o altă cale o cantitate de 500 tone de radiu.

Bruno Pontecorvo a încercat, printre primii, să demonstreze existenţa particulei neutrino în stare liberă, cu ajutorul reactorilor de la Chalk River. Apoi, laboratoarele din Los Alamos au încercat să dea de urma particulei fantomă în preajma reactorului din Hanford, bazîndu-se pe faptul că un proton poate să capteze un neutrino transformîndu-se în neutron. Sarcina protonului este transportată de un pozitron care apare în urma reacţiei şi interacţionează cu substanţa, producînd scintilaţii.



$$p + \nu \longrightarrow n + e^+$$

Rezultatele experiențelor nu au fost însă suficient de concludente.

În fine, la începutul anului 1956, revista Scientific American a anunțat că la Savannah River, M. Clyde și L. Cavane au montat o nouă experiență pentru detectarea particulei neutrino. La Savannah River funcționează, pe cît se pare, cel mai puternic reactor din lume, care emite adevărați torenți de neutrino.

În iulie 1956 s-a anunțat că, în sfîrșit, și particula neutrino a putut fi detectată, pe cale directă. În cadrul experienței au fost utilizate 500 de fotomultiplicatoare. Aparatele de detecție GM conțin cîțiva centimetri cubi de gaz, iar cele mai sensibile contoare de scintilație utilizate pînă acum conțineau cîțiva litri de lichid. Acum s-au utilizat zeci de tone de lichid special bogat în hidrogen, drept mediu de scintilație. Experiența, care a durat de altfel 1371 de ore, era în așa fel montată, încît neutronul ce se formează din proton să fie absorbit de un nucleu de atom de cadmiu (avid de neutroni), la un interval de o milionime de secundă de la anihilarea pozitronului, care ia naștere în urma transformării protonului.

Dar și munca cercetătorilor din Los Alamos a fost încoronată de succes. Cu ocazia conferinței pentru problemele particulelor cu energii înalte, ținută la Geneva, în vara anului 1956, W. Pauli — în capul căruia s-a născut acum un sfert de secol particula neutrino — a primit o telegramă de la Cowan, din Los Alamos, în care acesta îl anunță că reacția de transformare a protonului în neutron, sub acțiunea unui neutrino: $p + \nu \rightarrow n + e^-$ a putut fi observată pe cale directă. Aceasta a fost, după spirituala expresie a lui L. D. Puzikov, a doua naștere a particulei neutrino.

Dintr-o serie de experiențe întreprinse încă în 1955, s-a putut trage concluzia că dacă există par-

ticula neutrino, atunci foarte probabil că există și particula antineutrino. Existența acesteia rezultă de asemenea pe cale de calcul, din teoria lui Dirac. Demonstrarea existenței corpusculei neutrino în stare liberă întărește încrederea în justețea calculelor teoretice, făcute cu privire la reacțiile nucleare care mijlocesc în stele sinteza elementelor.

Bătălia din jurul corpusculei neutrino, și implicit din jurul principiului conservării energiei, a luat astfel, după două decenii, sfîrșit.

POZITIVISMUL ÎN DECLIN

Descoperirea particulei neutrino a trecut aproape neobservată. Merită însă să zăbovim o clipă cu ocazia primelor semne directe de viață pe care le-a dat recent. Biografia ei, de la actul concepției cu adevărat conceptuale și pînă la apariția ei trupească în aparatele de laborator, prezintă înainte de toate un mare interes filozofic: întîi, incontestabil prin însuși felul în care a fost descoperită, ea constituie o mărturie decisivă în favoarea posibilităților de cunoaștere a realității pe calea unei dialectici teoretice complexe — posibilitate a cărei negare constituie însăși esența pozitivismului; în al doilea rînd, datorită faptului că anticiparea ei a fost posibilă (și pe deasupra cu o uluitoare exactitate a detaliilor) cu ajutorul principiului conservării energiei, s-a dovedit astfel caracterul activ, fertil, al acestuia în cercetarea fenomenelor naturii.

Pentru a putea aprecia importanța acestor consecințe mă voi limita să reamintesc discordanța flagrantă a acestor concluzii cu părerile lui Ernst Mach, păreri, care s-au bucurat timp îndelungat de

o mare popularitate printre fizicieni. Citez cîteva fraze din celebra sa carte Die Mechanik (ediția IX, 1933), fraze care reflectă idei de mare trecere și prestigiu în domeniul filozofiei fizicii din ultimele decenii. La pag. 436 : ideea „indestructibilității energiei... s-a dezvoltat sub influența ideilor teologice". La pag. 478 „Mayer poate fi considerat ca filozoful teoriei cu privire la căldură și energie. Joule, care a fost condus la principiul (conservării) energiei tot pe o cale filozofică, a pus experiența la fundamentul teoriei". Pe paginile 437, 480 și 481 se face aluzie la „metafizica mistică" din jurul principiului conservării, precum și la considerentele metafizice de care a fost condus Mayer. Proveniența filozofică a principiului conservării este un fapt istoric de netăgăduit. În treacăt fie zis, Mach se lasă înșelat de aparențele unui limbaj convențional al autorilor secolului XVII, cînd îi atribuie chiar și o origine teologică. Dar Mach nu făcea nici o deosebire între filozofie științifică și teologie. Însă lucrurile trebuie judecate în esența lor, independent de stilul limbajului autorilor care le tratează. Or, principiul conservării se opune prin esența sa oricărui miracol, este deci potrivnic oricărei teologii care, fie iudaică, fie mahomedană, sau creștină — se bazează pe postulatul existenței miracolului. Principiul conservării a luat ființă și s-a cristalizat pînă la un anumit grad, tocmai în cadrul uriașului curent istoric al gîndirii filozofice științifice, materialiste. Or, scopul mărturisit al lui Mach și al întregului curent antifilozofic legat de numele său („l'athéisme c'est donc votre réligion") a fost de a elimina orice urmă de filozofie din cercetarea naturii fizice, acestea fiind toate considerate de el ca „mistice, metafizice" și deci dăunătoare fizicii.

Dar principiul conservării energiei nu putea fi expulzat din fizică. La pagina 480 din aceeași carte

citim soluţia care o salvează de stigmatul originii filozofice: „Principiile de conservare îşi au rădăcinile lor, ca şi noţiunea de substanţă, în economia de gîndire". Principiul conservării energiei este astfel rezervat ştiinţei fizicii cu preţul de a fi răpit naturii. Acum însă, o dată cu verificarea existenţei fizice a particulei neutrino, s-a demonstrat — împotriva tuturor acestor dogme pozitiviste — nu numai caracterul obiectiv şi universal al principiului conservării energiei, ci şi valoarea heuristică (pînă acum insuficient preţuită) a gîndirii filozofice, atunci (desigur numai atunci) cînd ea este echipată cu toată armătura spiritului cu adevărat ştiinţific.

Va constitui oare această confirmare un prilej de meditaţie pentru fizicienii pozitivişti, un prilej care să clatine în ei dispreţul suveran pentru filozofie, în general — determinînd un proces de revenire, în sensul distingerii filozofiei neştiinţifice, dăunătoare ştiinţei, de filozofia ştiinţifică, a cărei necesitate (cel puţin în unele momente) să nu mai fie tăgăduită? Asemenea semne se arată. Într-un articol scris de Soccorsi, în 1956, despre istoricul legii lui Avogadro, autorul atrage atenţia asupra faptului că istoricul cunoaşterii fenomenelor atomo-moleculare din secolul trecut ne obligă să refuzăm filozofia pozitivistă, sau neopozitivistă ca potrivnică ştiinţei. Idei asemănătoare se găsesc şi într-o lucrare a marelui fizician francez, Louis de Broglie, apărută în 1956.

La a 99-a întrunire anuală a Societăţii naturaliştilor şi medicilor germani, care s-a ţinut la Hamburg, în septembrie 1956, prof. O. Heckmann a ţinut o conferinţă consacrată dezvoltării astronomiei, în care se insistă de asemenea asupra nepotrivirii, dacă nu chiar a incompatibilităţii filozofiei empiriste, pozitiviste, cu dezvoltarea ştiinţei stelelor. Pînă la 1600, astronomia a fost dominată de empi-

rism: sistemul lumii corespundea datelor observației directe. De altfel, este un fapt remarcabil că astronomia — tocmai în faza ei empiristă de pură observație directă, neinterpretată — s-a împăcat cel mai ușor cu mitologia și teologia. Elementul nou, care a revoluționat astronomia, a apărut în urma depășirii observației empirice brute prin fecundarea faptelor cu germenii speculației și ai fanteziei. De altfel, întreaga cosmogonie modernă, și în deosebi geneza elementelor chimice în Cosmos, confirmă totodată insuficiența filozofiei empiriste și pozitiviste. Și invazia gîndirii filozofice a elementului speculativ, chiar a fanteziei științifice, a fost aceea care a alungat din astronomie mitologia și teologia. Astăzi, știința astronomiei a pășit în faza experiențelor de laborator. Da, abia astăzi, căci ideile, speculația, fantezia științifică au luat în ultimele decenii un avans uriaș asupra laturii empirice și au condus experiența. Incompatibilitatea pozitivismului cu procesul complex al creșterii științei nu va putea rămîne mult timp un fapt intrinsec; ea va trebui să se manifeste mai tîrziu sau mai curînd, în regruparea forțelor pe frontul de luptă a ideilor.

ECOURI DIN 1934: ÎNDOIELI ȘI SPERANȚE

Și acum să coborîm din nou pe Pămînt. Fenomenele descoperite în Cosmos au trezit în mintea savanților întrebarea: oare reacțiile care se produc acolo n-ar putea fi realizate pe cale artificială și pe Pămînt?

Această întrebare și-au pus-o cu toată seriozitatea, prin anul 1934, desigur nu economiștii, ci...

astronomii. Pentru că, dacă în primele două decenii ale secolului nostru, pe vremea lui Soddy și Perrin, procesul de formare a heliului, descris de ei, era considerat ca o utopie, în 1934 el devenise, cel puțin pentru cercetătorii stelelor, o certitudine.

Am în fața mea o carte scrisă acum douăzeci de ani. Capitolul la care stă deschisă e intitulat: „Energia din interiorul atomului". Autorul cărții este renumitul astronom englez pe care l-am mai citat, Arthur Eddington. „Voi evoca viziunea unei surse energetice care depășește chiar și cele mai îndrăznețe visuri ale inginerului, voi prezenta resurse atît de uriașe, încît va dispare chiar și ideea de a consuma energia cu economie", spune în acest capitol autorul. Urmează apoi descrierea cîtorva din perspectivele — cunoscute acum de toată lumea — ale energiei atomice stăpînită de om. Eddington nu credea că toate acestea se vor înfăptui într-un timp relativ apropiat. „Ar fi păcat să ne amăgim cu speranța deșartă că astronomul va putea să fure, ca odinioară Prometeu, focul din cer și să-l dăruiască omenirii". Aceasta era, pe atunci, de altfel părerea generală, pe care o împărtășea atît Rutherford, cît și Einstein.

Într-o convorbire avută în 1934 cu scriitorul american David Dietz, Einstein compara posibilitatea practică a eliberării energiei atomice „cu un vînător care trage noaptea cu pușca la întîmplare, ca să vîneze niște păsări, din care nu trăiesc prea multe în țara aceea".

Cinci ani mai tîrziu, la 2 august 1939, tot Einstein a fost acela care, într-o scrisoare rămasă celebră, recomanda atenției președintelui Roosevelt pe doi emigranți antifasciști, Enrico Fermi și Leó Szilárd, care descoperiseră că — citez scrisoarea— „Uraniul poate fi transformat într-o nouă și foarte importantă sursă de energie".

Prin 1934, lucrul care îngrijora mai mult ca orice pe savanţi era caracterul prea posibil al eliberării energiei atomice. Acum se ştie că fizicienii pesimişti în aprecierea posibilităţilor practice au subestimat capacităţile omenirii: istoria a infirmat rezervele prudente ale savanţilor care se îndeletnicesc direct cu cercetarea nucleului şi a confirmat profeţiile aproape fanteziste ale vizionarilor, care nu văzuseră poate în viaţa lor un contor-GM sau o cameră Wilson. Cît priveşte însă temerile savanţilor în legătură cu eliberarea energiei atomice, acestea din păcate nu s-au dovedit întru totul lipsite de fundament. In epoca războaielor, a distrugerilor, a crizelor şi şomajului, a silniciilor fasciste, a încălcărilor arbitrare — în conştiinţa savantului, frămîntat de gînduri apare nu numai imaginea veacului de aur ce va să vie, ci şi cea a prezentului, întinată de ameninţările negre ale imperialismului şi militarismului. „Am vorbit despre folosirea energiei atomice ca despre o speranţă înşelătoare, de care ar fi o greşeală să ne animăm. În situaţia actuală în care se află omenirea, ea constituie mai degrabă o ameninţare, a cărei nesocotire ar implica o gravă responsabilitate" — spunea Eddington. Căci, „să nu tăgăduim — spunea el în continuare — pentru societatea care azvîrle alimentele în mare, ca să-şi apere membrii ei de inaniţie, pentru societatea în care belşugul aduce cu sine nimicire, iar rezerva nelimitată de energie înseamnă putere capricioasă şi distrugeri nelimitate, pentru această societate a apărut în depărtare un nor de furtună rău prevestitor, deşi acesta nu-i mai mare, deocamdată, decît o palmă".

Perspectiva întunecată a viitorului i-a frămîntat încă de multă vreme pe savanţii care scrutau cerul cu telescopul sau descifrau urmele înregistrate de aparatul Wilson.

Primul război mondial a curmat repede entuziasmul și optimismul fără margini al lui Soddy. În prelegerile sale celebre de la Glasgow, profesorul Soddy își liniștise ascultătorii, asigurîndu-i că n-au de ce să se teamă de răcirea Soarelui sau de moartea termică a Universului. „O să vie ziua cînd vom descompune și vom reconstitui în laborator elementele, așa cum desfacem și refacem în prezent corpurile compuse. Pulsațiile lumii își vor trage forțele din alte surse de energie, care sînt acum încă tot atît de nemăsurat de depărtate de izvoarele cunoscute nouă astăzi, cît sînt acestea din urmă de sursele de energie naturală ale omului preistoric". Apoi, plin de însuflețire, el a zugrăvit în fața auditoriului său tabloul unui viitor fericit: „O rasă capabilă să transforme materia nu va mai fi nevoită să-și cîștige pîinea cu sudoarea frunții. Ne putem ușor imagina că asemenea oameni vor transforma pustiurile în cîmpii roditoare, întinderea de gheață de la poli — în apă binefăcătoare și vor preschimba întreg Pămîntul într-un paradis încîntător... Prin acest inspirat mesaj al speranței, iată prin ce a contribuit radiul la rezolvarea marilor probleme ale existenței".

O asemenea imagine a viitorului îndepărtat este într-adevăr minunată, însuflețitoare. Dar, pînă la acest viitor îndepărtat, omenirea trebuie să străbată viitorul apropiat, întunecat de spectrul îngrozitor al războiului. În locul surîsului ademenitor al îndepărtatului paradis, imaginația savanților evocă rînjetul de pucioasă al infernului, atît de apropiat. Îndată după terminarea primului război mondial, celebrul matematician elvețian Hermann Weyl, într-una din cărțile sale despre teoria lui Einstein, vorbind despre uriașele resurse de energie înmagazinate în nucleul atomic, mulțumea lui dumnezeu că nu dispunem încă de mijloacele necesare pentru eliberarea ei. Tot despre această problemă

discuta, în anii 1919—1920, Einstein cu Al. Moszkowski: „Să presupunem — spunea Einstein — că am reuși să punem stăpînire pe această uriașă sursă de energie; atunci ar veni o epocă față de care chiar și prezentul acesta întunecat ne-ar părea o adevărată eră de aur... O cantitate atît de uriașă de energie descătușată nu ar ajuta, ci ar distruge... Nu e bine să încălzești cuptorul cu dinamită... Nici o invenție nu rămîne secretul cîtorva inși. Dacă un tehnician luminat ar descoperi cum pot fi utilizați practic atomii pentru încălzire și tracțiune, primul impostor nechemat, care ar pune mîna pe o cantitate foarte mică de substanță, ar putea arunca în aer un oraș întreg, iar primul sinucigaș, care urăște omenirea, ar putea transforma în praf și pulbere, pe întinderi uriașe, toate așezările omenești, dacă ar avea poftă să o facă! Toate tipurile de bombe, cunoscute de arsenalul războaielor purtate cu arme de foc, vor părea un nevinovat joc de copii, pe lîngă puterea de distrugere a cîteva fărîme de cărbune... Și, dacă fantezia noastră se arată destul de bogată în a zugrăvi binefacerile descătușării energiei, ea nu poate ține pas cu realitatea, atunci cînd e vorba de a descrie efectele ei vătămătoare".

Datele cunoscute cu privire la Univers păreau să dea omenirii certitudinea că, pentru o durată de cîteva miliarde de ani de acum înainte, nu are de ce să se teamă de răcirea Soarelui. Cercetările întreprinse în epoca imperialismului pe tărîm social, de către oamenii de știință, au ridicat însă întrebarea dacă omenirea va dura pînă atunci, dacă nu cumva contradicțiile sociale, care poartă în sine sute de amenințări, vor pune mult mai devreme capăt vieții speciei umane?

În atmosfera aceasta apăsătoare, frămîntată de îndoieli, lipsită de speranțe, micul episod pe care-l vom povesti mai jos, petrecut în anul 1927 la Le-

ningrad, ar fi avut de bună seamă un efect distonant, dacă ar fi devenit cunoscut. G. Gamov a ținut, la una din ședințele Academiei Sovietice de Științe, o comunicare, prezentînd concepția lui Atkinson, care întărea ipoteza potrivit căreia energia solară se eliberează datorită formării treptate a heliului din hidrogen. După ce Gamov, care de altfel a contribuit într-un mod important la clarificarea amănunțită a acestui proces de transformare, și-a încheiat expunerea, unul din membrii academiei i-a pus lui Gamov întrebarea dacă nu cumva aceste reacții nucleare, care se petrec în soare, ar putea fi realizate și utilizate în scopuri pașnice și pe Pămînt. În acest sens i s-au dat asigurări că, dacă are nevoie pentru experiențele sale, i se pot pune la dispoziție în fiecare noapte, pe timp de cîteva ore, uzinele electrice din Leningrad. Firește, propunerea a rămas atunci fără urmări, datorită în primul rînd faptului că în 1927 era încă imposibil să se poată face experiențe în laborator în acest sens. Am citat însă acest episod, numai pentru a arăta cît de mare interes prezenta, încă de pe atunci, acest izvor de energie pentru noul stat socialist, născut abia cu zece ani înainte, în focul revoluției din Octombrie.

CICLOTRON ȘI SOARE

Dar ceea ce a fost prematur în 1927 — nu mai era prematur în 1947. Între timp omul a înfăptuit primele călătorii în interiorul stelelor, cu astronava matematică a rațiunii, și a ajuns la extraordinara concluzie că nu există nici un fel de piedică prin-

cipială de a reproduce în mod artificial, pe Pămînt, procesele nucleare care au loc în interiorul Soarelui și al stelelor.

Să ne întoarcem, deci, din nou în laborator.

Cum se face, totuși, că noi nu am fost în stare să realizăm cu acceleratoarele noastre de particule atomice, ceea ce în cuptorul solar — care dispune de posibilități de accelerare mult mai reduse — se înfăptuiește de miliarde de ani?

De fapt, lucrurile nu stau chiar așa. Acceleratoarele noastre de particule sînt în stare să realizeze aceste procese. Mai mult decît atît: sînt în stare să realizeze chiar și alte lucruri, care depășesc posibilitățile Soarelui. Dar, cu toate acestea, acceleratoarele noastre de particule produc doar un șuvoi de cîteva mii sau milioane de particule rapide. Or, din punct de vedere al utilizării practice, este important tocmai caracterul de masă al fenomenului. Și tocmai acest aspect masiv se realizează în Soare, pe cîtă vreme în acceleratoarele de particule nu.

Un accelerator poate fi asemănat cu o cascadă înaltă de o mie sau de zece mii de metri, dar care este extrem de săracă în apă. Degeaba dispune fiecare strop de apă de o energie uriașă în raport cu masa lui infimă, dacă abia la un minut cade cîte un strop! Oricît de mare ar fi energia de care dispune stropul de apă, în asemenea condiții el nu poate să pună în funcțiune nici măcar becul unei lanterne de buzunar. Cu toate acestea însă, nu recomandăm nimănui să se adăpostească sub o streașină din care picură asemenea stropi! Manipulanții ciclotroanelor, și mai ales cei ai bevatroanelor, sînt protejați de efectele distrugătoare ale particulelor care țîșnesc afară din aparat, de straturi groase de beton și apă.

Cantitatea de materie expulzată într-o secundă abia dacă totalizează a miliarda parte dintr-un

gram, pe cîtă vreme Soarele emite în fiecare secundă, așa cum am amintit, cîte 4,3 milioane de tone de materie! Noi, firește, ne-am mulțumi și cu mai puțin, dar de cîteva grame, sau chiar kilograme, am avea nevoie și noi, pentru a dispune de niște surse de energie care să poată fi utilizate în practică.

Problema aceasta a fost și ea rezolvată, dar numai după ce s-a reușit să se realizeze eliberarea energiei atomice a uraniului-235. În felul acesta s-a obținut o sursă de energie atomică cu caracter masiv. Dar aceasta nu este decît primul pas pe calea eliberării energiei atomice. De la primul pas se trece totuși relativ ușor la cel de-al doilea, la eliberarea în masă a energiei nucleare provenită din fuziunea atomilor de hidrogen.

DE LA HIDROGEN LA HELIU, CU AJUTORUL CICLOTRONULUI

Prin fisiunea în lanț a unei cantități suficiente de U^{235}, energia uriașă care zace ascunsă în nucleele atomilor săi se eliberează brusc. Dacă procesul acesta nu este frînat, el se produce sub forma unei explozii puternice. 80% din energie se eliberează sub formă de energie termică, care în clipa exploziei produce o temperatură de milioane de grade. Pînă la o depărtare de 9 km de locul exploziei, globul exploziei este de 100 de ori mai strălucitor decît soarele de vară.

Dacă plutoniul explodează într-un amestec de hidrogen, deuteriu și tritiu, atunci, firește, atomii de hidrogen se ciocnesc unul de altul cu o energie asemănătoare celei din interiorul Soarelui și fu-

zionează, transformîndu-se în atomi de heliu, iar energia care se eliberează — raportată la unitatea de masă — întrece de 5—8 ori energia eliberată pe urma fisiunii plutoniului.

Ca să fuzioneze și să dea naștere treptat la nuclee de heliu, este necesar ca nucleele de hidrogen care se ciocnesc între ele să dispună de o viteză considerabilă.

În zilele noastre, acceleratoarele de mare energie pot să producă fără nici o dificultate particule cu o asemenea viteză ; de altfel, ele puteau fi produse și în ciclotroanele construite prin anii '30. Profesorul Oliphant a fost primul care a realizat, în laborator, asemenea reacții nucleare. El a bombardat atomii de hidrogen greu cu nuclee de deuteriu. Urmele lăsate de explozie au indicat apariția unui izotop ușor al heliului : He_2^3. Acest izotop al heliului nu fusese cunoscut mai înainte. Între timp s-a demonstrat și prin metodele obișnuite ale chimiei analitice că el există într-adevăr și în natură, dar frecvența sa este extrem de scăzută : cantitatea totală de He_2^3 prezintă cam o zecime de milion $\left(He_2^3 / He_2^4 = I/10^{10}\right)$ din cantitatea de heliu natural.

Formarea atomilor de heliu cu ajutorul ciclotronului nu cere o cheltuială prea mare de energie : în medie, la fiecare mie de deuteroni (nuclee de deuteriu), înzestrați cu o energie de cîteva sute de mii de eV și folosiți ca proiectile, un deuteron fuzionează cu un alt nucleu de deuteriu, dînd naștere nucleului de heliu. Dar reacția nu încetează cu totul, nici chiar la 5 000 eV, deși își încetinește foarte mult ritmul : atomul de heliu apare tot la a 10^{15} particulă de deuteriu. Dar, dacă cheltuiala de energie nu este mare, nici producția de energie nu

este rentabilă : în cel mai bun caz se cheltuieşte de o sută de ori mai multă energie decît cea care se obţine. Deci, pe această cale nu se poate merge! Eliberarea energiei obţinute prin formarea atomilor în heliu cu ajutorul ciclotronului se aseamănă cu descoperirea unui combustibil excelent, dar pe care nu-l putem utiliza decît aprinzînd fiecare moleculă în parte. Ba, mai mult, ca să dăm foc unei singure molecule, ne-ar trebui 1 000, ba chiar 100 000 de „chibrituri".

Devenea deci încă o dată clar că trebuia găsit un procedeu prin care — asemenea unei arderi chimice obişnuite, provocată de o simplă aprindere — să se obţină arderea completă a combustibilului. Dar, ca să se poată obţine acest lucru, trebuie ca toţi atomii masei de hidrogen utilizat în scopul eliberării energiei să dispună de viteza şi energia necesară fuziunii, în tot timpul împerecherii. Ciclotronul nu poate face faţă însă unei asemenea sarcini.

„MAXIMA ET MINIMIS"

Fireşte, un număr atît de uriaş de atomi nu poate fi accelerat pînă la viteza necesară, decît dacă dispunem de o temperatură suficient de ridicată, de cîteva milioane sau chiar zeci de milioane, ba, eventual, sute de milioane de grade. Trebuie, deci, să producem o reacţie termonucleară artificială. O temperatură atît de înaltă nu poate fi obţinută decît prin explozia unei bombe atomice obişnuite.

În momentul cînd bomba atomică explodează, se produce o temperatură de 100 de milioane de grade, care însă nu se menţine decît timp de o milionime de secundă.

S-a pus atunci întrebarea: dacă am face să explodeze o bombă atomică în hidrogen, va apare oare heliul, ca rezultat al fuziunii nucleelor de hidrogen?

Cercetările teoretice și de laborator dovedesc că heliul poate fi obținut din hidrogen, pe cel puțin trei căi diferite. Pe una dintre ele o cunoaștem: este vorba de coliziunea deuteriului cu deuteriul, din care rezultă izotopul ușor de heliu (He_2^3) și un neutron. Într-o asemenea reacție se eliberează o energie de 3,26 MeV. Avînd în vedere că cele două nuclee de deuteriu cîntăresc aproximativ 4 unități de masă atomică, rezultă că de fiecare unitate de masă atomică se eliberează 0,81 MeV, adică ceva mai mult decît se obține la fisiunea uraniului. În procesul fisiunii, proporția între energie și masă este de 170 MeV la 235 unități de masă atomică, respectiv de 0,72 MeV de fiecare unitate de masă atomică (față de 7 MeV pe unitatea de masă atomică la sinteza heliului din hidrogen)



$$D_1^2 + D_1^2 \longrightarrow H_2^3 + n$$

Dar această reacție a deuteriului este destul de lentă: atunci cînd densitatea combustibilului este de 1 gr/cm^3, iar temperatura lui de 20 de milioane de grade, se obține, în medie, la a $1{,}5.10^{-3}$-a fracțiune dintr-o secundă cîte o fuziune; la o temperatură de 200 de milioane de grade, durata necesară fuziunii scade pînă la a milioana parte dintr-o secundă.

O a doua cale este sinteza heliului prin bombardarea izotopului ușor He_2^3 cu deuteriu, din care rezultă formarea heliului obișnuit (He_2^4) și eliberarea unui proton. În cursul acestui proces se

eliberează în total 18,4 MeV, respectiv aproximativ cîte 3,7 MeV de fiecare unitate de masă atomică.

Practic însă, reacțiile acestea nu sînt de prea mare folos, deoarece randamentul lor este de un atom de heliu pe secundă, la o temperatură de 20 de milioane de grade, și de un atom de heliu la a milioana parte dintr-o secundă, cînd temperatura este de 200 de milioane de grade. Pe lîngă aceasta, după cum se știe, He^{3}_{2} se găsește pe Pămînt în cantități infime, iar producerea lui ar fi extrem de grea.

A treia cale se bazează pe fuzionarea tritiului cu deuteriul, în urma căreia ia naștere nucleul unui atom de heliu obișnuit (He^{4}_{2}) și se eliberează un neutron:



$$D^{2}_{1} + T^{3}_{1} \longrightarrow He^{4}_{2} + n$$

În timpul unei asemenea fuziuni se eliberează în total 17,6 MeV, respectiv cîte 3,5 MeV de fiecare unitate de masă atomică. Dintre toate reacțiile de mai sus, aceasta se desfășoară în ritmul cel mai viu. La o temperatură de 20 de milioane de grade, fuziunea se produce în a suta mia parte dintr-o secundă, iar la temperatura de 200 de milioane de grade timpul necesar fuziunii este de numai a zece-milioana parte dintr-o secundă. Trebuie să se țină, de asemenea, seama și de faptul că viteza de reacție sporește proporțional cu densitatea materiei care intră în reacție.

După cum se vede, dintre toate reacțiile descrise, aceasta din urmă e singura care poate fi luată ca bază pentru realizarea în practică a sintezei heliului, ceea ce nu exclude, bine înțeles, și posibilitatea altor reacții nucleare producătoare de energie.

Dacă într-un amestec de deuteriu şi tritiu provocăm explozia unei bombe atomice obişnuite — în numai a milioana fracţiune de secundă întreaga rezervă de hidrogen este transformată în heliu. În acelaşi timp devine liberă şi uriaşa rezervă de energie echivalentă cu defectul de masă care însoţeşte fuziunea. În numai a milioana fracţiune dintr-o secundă, un singur gram din acest amestec de hidrogen greu produce în medie 100 000 kwh, respectiv o energie de peste 100 miliarde de calorii mici — faţă de cca. 17 miliarde calorii mici, produse în medie la gramul masă de substanţă fisibilă în bomba-A. Dictonul „Maxima e minimis" se potriveşte cel mai bine sursei de energie nucleară.

In cazul de mai sus, eliberarea energiei produce o energie colosală; pe acest principiu se bazează bomba cu hidrogen. Numai 6% din energia eliberată în timpul exploziei primei bombe cu hidrogen ar fi fost suficientă ca să se sape cu ea canalul Panama. Puterea de explozie a unei bombe cu hidrogen mai mari este echivalentă cu forţa a circa 20 de milioane tone de trinitrotoluol, cel mai puternic exploziv chimic cunoscut, iar aceea a unei bombe atomice obişnuite, cu „numai" 20 000 de tone de trinitrotoluol. Dar raza de acţiune a acestor bombe nu creşte în aceeaşi proporţie; raza de acţiune a bombei H nu este decît de zece ori mai mare decît cea a bombei atomice obişnuite, deşi forţa ei depăşeşte de o mie de ori energia eliberată prin explozia bombei atomice.

Este posibil ca substanţa explozivă folosită în prima bombă H, experimentată în anul 1952, în atolul Eniwetok, să fi fost formată dintr-un asemenea amestec de deuteriu şi tritiu. Izotopul hidrogenului greu putea fi utilizat fie în stare fluidă, fie sub formă de amestec de apă grea.

DEUTERIU, TRITIU

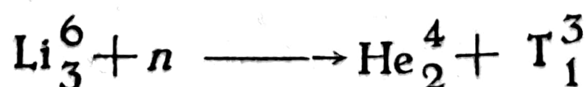
Fabricarea deuteriului nu este prea complicată. Aproape 0,02% din hidrogenul de pe pămînt este hidrogen greu, deuteriu. În natură îl găsim mai ales combinat cu oxigenul, sub formă de apă grea. În cele circa 1 400 de milioane de miliarde de tone de apă naturală există aproximativ 25 000 de miliarde tone de deuteriu. Apa grea, care conține deuteriu, poate fi obținută din apa obișnuită, prin cataliză. După date din 1955—1956, prețul unui kilogram de apă grea este de cca. 200 dolari, iar 1 kg de deuteriu pur, în stare gazoasă, costă aproximativ 1 000 de dolari.

În cazul tritiului, situația este incomparabil mai dificilă. Tritiul nu se găsește în stare naturală în apă și nici în hidrogenul natural, iar în atmosferă, după toate aprecierile, nu poate să existe într-o cantitate mai mare de 30 gr. Acest izotop al hidrogenului se formează în atmosferă sub acțiunea neutronilor de înaltă energie din radiația cosmică, care provoacă reacții nucleare. Un asemenea neutron fuzionează cu nucleul unui atom de azot și-l desface în nuclee obișnuite de carbon și tritiu (T^{3}_{1}).



$$N^{14}_{7} + n \longrightarrow C^{12}_{6} + T^{3}_{1}$$

Tritiul poate fi produs destul de ușor și pe cale artificială, prin bombardarea litiului cu neutroni proveniți din reactorul atomic. Se obține astfel heliu și tritiu.



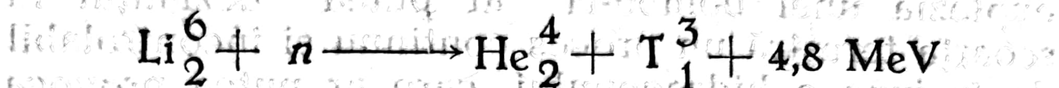
$$Li^{6}_{3} + n \longrightarrow He^{4}_{2} + T^{3}_{1}$$

Fabricarea tritiului este destul de productivă; în schimb, extraordinar de costisitoare. Pentru a se produce 1 kg de tritiu este nevoie de circa 11—12 tone de uraniu metalic; ca să se producă 2 gr de tritiu pe zi, sînt necesare 10 kg U-235 și un reactor uriaș de aproximativ 1 milion de kilovați. În aceste condiții, prețul unui kilogram de tritiu se ridică la o sumă enormă, de cîteva sute de mii de dolari. Mai mult, tritiul nu este nici măcar stabil. E radioactiv, și în decurs de 12 ani, orice cantitate de tritiu scade la jumătate prin dezintegrare. Prin urmare, această substanță nu poate fi depozitată pe un timp mai îndelungat, nu poate fi „tezaurizată". Din cauza dezintegrării sale rapide își pierde repede valoarea.

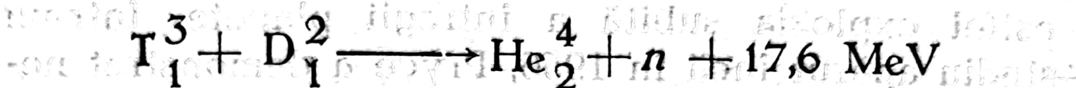
SOARE ARTIFICIAL PE PĂMÎNT

Neajunsul acesta, însă, poate fi înlăturat dacă tritiul este produs direct în interiorul bombei H în clipa exploziei. Se pare că bomba H, fabricată de americani și experimentată în primăvara anului 1953, se bazează pe acest principiu. În interiorul bombei se afla litiu și deuteriu. Prin explozia unei bombe atomice obișnuite devin liberi, în cantități masive, neutroni înzestrați cu o energie uriașă. Acești neutroni transformă atomii de litiu în atomi de tritiu. Între timp, în a milioana parte dintr-o secundă, temperatura se ridică pînă la 300 de milioane de grade. La o asemenea temperatură se formează o nouă cantitate de tritiu, care fuzionează din nou cu nucleele de deuteriu existente. Din fuziunea lor ia naștere heliul și se eliberează un

neutron. Neutronul eliberat atacă din nou litiul rămas, transformîndu-l tot în tritiu. Procesul se închide, reacția menținîndu-se prin propriile ei puteri. Ținta propusă a fost atinsă:



$$Li_2^6 + n \longrightarrow He_2^4 + T_1^3 + 4{,}8\ MeV$$



$$T_1^3 + D_1^2 \longrightarrow He_2^4 + n + 17{,}6\ MeV$$

În clipa exploziei, în interiorul bombei cu hidrogen are loc sinteza în proporții de masă a heliului. E ca și cum, pe căi sintetice, am fi reprodus pe Pămînt un soare în miniatură. În felul acesta, noi am verificat practic ipotezele fizicii și ale astronomiei — valabilitatea previziunii științifice. Fizicianul atomist — acest modern Prometeu — a furat cu adevărat focul solar și l-a dăruit muritorilor. El a fost mînat, fără îndoială, de nobila dorință de a aduce omenirii zilele fericirii și ale belșugului. Nu este vina sa dacă focul sacru a ajuns pe mîna zeilor infernului. Dar vina sa este dacă se pune în slujba lor.

Ca să înlăturăm posibilitatea oricăror interpretări eronate, trebuie să precizăm că această analogie cu un soare adevărat nu se referă la toate amănuntele fenomenului. Mecanismul reacției termonucleare, realizată pe Pămînt, se deosebește esențial de reacțiile protonice care se petrec în Soare. Înainte de toate, reacțiile protonice solare sînt extrem de lente, continue și susținute. Soarele — spre norocul nostru — nu explodează ca o bombă-H și nici nu ne amenință cu acest pericol. Insuși Soarele este un fel de reactor cu hidrogen de proporții gigantice, în care are loc reacția în lanț frînată a sintezei heliului. Soarele se deosebește de o bombă-H, precum diferă și un reactor obișnuit de uraniu de o bombă-A. Mai departe, datorită forței gravita-

ționale, în interiorul Soarelui domnesc presiuni enorme, și toată substanța solară se găsește în starea de plasmă. Acum cîțiva ani mulți se temeau (și interese obscure întrețineau această spaimă) că explozia unei bombe-H ar putea dezlănțui în scoarța terestră un proces continuu și incontrolabil de fuziune a hidrogenului, care ar putea provoca astfel explozia subită a întregii planete. Într-un studiu apărut încă în 1956, Pryce a demonstrat netemeinicia acestor temeri, arătînd că o asemenea reacție termonucleară nu se poate menține în condițiile pămîntești, atît de diferite de cele din interiorul Soarelui. Cercetările experimentale din ultimii ani, îndreptate spre domesticirea reacției de fuziune, au arătat cît de dificilă este menținerea acestei reacții chiar și pe un interval de milionimi de secundă.

Dar dacă bombele-H sînt insuficiente pentru a arunca în aer tot globul pămîntesc ele sînt totuși suficiente pentru a ne amărî viața și a ne amenința sănătatea.

UN JOC PERICULOS

Aproape 200 de explozii ale bombei-H și A au avut loc pînă în prezent în diferite puncte ale globului nostru. Numai în anul 1956 au fost înfăptuite peste 35 de explozii experimentale, ale căror putere sau forță destructivă totală este echivalentă cu 6 000 de bombe atomice de tipul celei aruncate în 1945 asupra orașului japonez Hiroshima.

Bombele-A și H se deosebesc în mod esențial de orice bombă obișnuită prin aceea că explozia nu-

cleară este urmată de efecte ulterioare extrem de periculoase și de lungă durată. Aceste efecte se datoresc infectării atmosferei cu substanțe radioactive cu radiații foarte puternice.

Bomba cu hidrogen, experimentată la 1 martie 1954 la insulele Bikini din Oceanul Pacific, a dat naștere unui uriaș nor radioactiv, lung de 350 km și lat de 64 km, care, mînat de vînt, a pornit în direcția est și de atunci rătăcește în jurul Pămîntului, la o mare înălțime. Norul, a cărui apropiere reprezintă o primejdie pentru orice viețuitoare, conține un număr mare de izotopi radioactivi cu perioade de înjumătățire foarte diferite. Astfel, timpul de înjumătățire al xenonului este de 123 de ani, al stronțiului — de 30 de ani, al cesiului — de 33 de ani, al zirconiului — de 1 milion de ani, al iodului — de 200 milioane de ani. Oare cîte izvoare, cîte ogoare au fost și vor mai fi infectate de acest nor ? — se întreabă revista „Paris Match", în numărul său din mai 1957. Dar, deocamdată, nimeni nu poate da un răspuns satisfăcător la această întrebare.

Un lucru este cert : norul caracteristic, de forma unei ciuperci uriașe, care însoțește explozia nucleară, se ridică la o înălțime de circa 65 de kilometri și face înconjurul Pămîntului în decurs de 22—25 de zile. Substanțele radioactive din acest nor se amestecă succesiv cu norii obișnuiți, ce se infiltrează în scoarța pămîntului o dată cu precipitațiile atmosferice. Absorbite de plante, ele ajung în sfîrșit, în organismul animalelor și al omului.

Într-un referat ținut în fața Academiei de Științe franceze, profesorul Debrenne a afirmat că în atmosfera terestră pot fi încă identificate urmele unor substanțe radioactive împrăștiate cu prilejul exploziei atomice de la Hiroshima. După părerea

fizicianului francez, valul de frig care a bîntuit în Europa în luna februarie 1956 a fost consecința directă a patru explozii nucleare experimentale, săvîrșite cu scurt timp înainte de apariția acestei anomalii meteorologice.

Dar, pe cînd influența directă sau indirectă a exploziilor nucleare asupra mersului vremii nu este încă pe deplin lămurită, ea constituind obiectul unor studii și discuții intense, efectele distrugătoare ale radiațiilor radioactive asupra organismului viu sînt certe și dovedite. Se știe precis că radiațiile radioactive de o anumită putere și durată pot provoca o serie de îmbolnăviri și transformări patologice. Deocamdată nu s-a lămurit încă în toate amănuntele sale mecanismul acțiunii radiațiilor radioactive asupra celulei vii, cum nu s-a lămurit pe deplin nici problema dozajului pernicios și nici problema factorilor care ajută sau frînează acțiunea distrugătoare a acestor radiații. Este însă cert că îngrămădirea substanțelor radioactive în atmosfera terestră nu poate decît să sporească, dar nicidecum să micșoreze pericolul care amenință viața și sănătatea omenirii.

Măsurătorile efectuate în diferite puncte ale globului au arătat că în unele locuri radiația radioactivă a atmosferei a crescut într-o măsură care inspiră serioase îngrijorări.

După datele publicate de British Medical Council, fiecare locuitor al Marii Britanii este expus în prezent unei radiații cu 22% mai puternice decît radioactivitatea naturală a atmosferei. Populația americană suportă în medie o radiație radioactivă cu 100% mai puternică decît cea obișnuită. Revista americană „Reporter" susține totuși că, în general, intensitatea radiațiilor radioactive absorbite de organismul fiecărui american — în urma tuturor exploziilor nucleare efectuate pînă în prezent — nu trece de 0,1 unități Röntgen. Drept comparație,

revista amintește că, după experiența americană cu bomba-H din 1954, datorită cenușii radioactive răspîndite de explozie, echipajul vasului de pescuit japonez Fukuryu Maru, precum și numeroși tehnicieni americani aflați pe insulele Marshall au fost expuși unor radiații de 175 unități Röntgen. Nu știm încă la ce intensitate radiațiile devin primejdioase pentru viața omului. Din acest punct de vedere este interesant de amintit că în uzinele atomice americane, pînă în anul 1951, limita superioară a radiațiilor pe care le putea suporta un om fără a primejdui sănătatea sa a fost considerată ca fiind de 0,5 unități Röntgen. În 1951, această limită a fost redusă la 0,3 unități Röntgen, iar în martie 1956, la 0,1 unități Röntgen. Este semnificativ și faptul că Comisia americană pentru energia atomică, care a susținut timp de 12 ani că efectul radiațiilor suportate de angajații uzinelor atomice este cu totul neglijabil, a făcut la 31 decembrie 1956 declarația surprinzătoare că, din cei aproximativ 200 000 de angajați ai acestor uzine, 99,4% a absorbit deja o treime din cantitatea de radiații considerată drept primejdioasă.

Mecanismul efectului radiațiilor asupra organismului viu este o problemă încă nelămurită. În trecut s-a crezut că efectul lor se datorește pur și simplu faptului că pereții celulelor sînt găuriți de particulele elementare înzestrate cu o energie uriașă. Azi știm că radiațiile radioactive provoacă ionizarea atomilor din celulă, și datorită modificărilor survenite în starea ei electrică, se răstoarnă echilibrul chimic al celulei. Este știut de asemenea că nu toate părțile organismului reacționează la fel. Unele organe absorb radiațiile mai puternic decît altele. Astfel, de exemplu, cercetătorii japonezi au constatat la peștii prinși în apropierea coastelor insulei Taivan (la 3 000 kilometri de insulele Bikini, unde a avut loc explozia) o radioac-

tivitate exterioară slabă şi în acelaşi timp o puternică radiaţie radioactivă a organelor interioare. În toamna anului 1956, în apropiere de Moralinga, în Australia, au avut loc două experienţe nucleare organizate de englezi. În localitatea Hamilton Downs, situată la 660 kilometri de locul exploziilor, vitele au acumulat în glanda lor tiroidă o asemenea cantitate de substanţe radioactive, încît sub acţiunea lor, contorul GM arăta 3 000 de descărcări în locul numărului normal de 30.

Nu este mai puţin cert că efectele radiaţiilor radioactive se manifestă adeseori şi pe căi indirecte. Aceasta se constată uneori chiar şi în locuri cu o radioactivitate generală slabă.

Iată cazul următor: O piesă grea de 15 tone a uriaşei centrale atomice de la Hanford (S.U.A.) a suferit o avarie şi a trebuit să fie schimbată. Piesa emana însă o atît de puternică radiaţie radioactivă, încît nimeni nu se putea apropia de ea la o distanţă mai mică de 200 de metri. Luînd toate măsurile de precauţie, cu ajutorul unor roboţi teleghidaţi, piesa a fost scoasă din locul ei, aşezată într-o celulă de beton şi îngropată într-un cavou cu pereţi groşi de beton, la 6 metri sub pămînt. Locul a fost marcat cu un stîlp vopsit în roşu, care atrăgea atenţia asupra primejdiei atomice ascunsă sub pămînt. Cei de la uzină au crezut că prin aceste măsuri au reuşit să elimine orice pericol — pînă într-o bună zi, cînd s-a constatat că, pe o rază de vreo 30 de kilometri în jurul localităţii Hanford, plantele şi animalele au devenit puternic radioactive. În organismul insectelor şi al rîndunelelor care se hrănesc cu insecte s-au acumulat cantităţi uriaşe de fosfor radioactiv, iar cantitatea de iod radioactiv cuprins în organismul iepurilor a crescut de o mie de ori.

Cele aproape 200 de explozii nucleare care au avut loc pînă acum poartă în sine pericolul de a

mări, în următoarele decenii, cu 50 000 numărul bolnavilor de cancer. La 16 aprilie 1957, contoarele de particule GM din Japonia au semnalat 785 000 declanşări pe minut. Număr record. În apropiere a avut loc o explozie atomică. „Atmosfera se contaminează" anunţa radio Tokio. „Gospodine, spălaţi cu grijă fructele şi legumele înainte de a le consuma!" La 23 aprilie, alt eveniment a răscolit lumea. Doctorul Schweitzer, rupînd tăcerea sa, a adresat o scrisoare de 15 pagini Comitetului Nobel al Parlamentului norvegian, demonstrînd cu cifre pericolul pe care-l prezintă urmările exploziilor nucleare asupra stării sanitare a oamenilor. Laureat al Premiului Nobel, bătrînul medic trăieşte izolat într-un spital din Lambaréné, în Africa, unde lucrează la combaterea epidemiilor care bîntuie printre popoarele africane. Unul din cei mai veneraţi oameni de ştiinţă (în special în America — unde el are faima celui mai mare om al epocii), apelul doctorului Schweitzer a stîrnit un uriaş ecou. La 24 aprilie, F. Joliot-Curie şi prof. C. F. Powell lansează un apel. Stronţiul-90 radioactiv, ce rămîne în stare virulentă cca. 30 de ani în atmosferă, poate avea incalculabile efecte nocive asupra organismului, provocînd cancerul osului, leucemii şi alte maladii. Profesorul japonez Tadayoshi Doke a declarat, la 29 aprilie, că stronţiul 90 şi-a atins doza maximă ce poate fi tolerată în atmosferă. Sir Alexander Haddow, cunoscut specialist englez în cancer, a avertizat şi el omenirea asupra pericolului iminent. Profesorul Matsushito, trimisul special al guvernului japonez, cutreieră Europa şi America, îl caută pe Dulles, îi scrie lui MacMillan, merge în audienţă la Papa pentru a determina marile puteri să înceteze exploziile nucleare. Uniunea Sovietică face propuneri succesive pentru încetarea experienţelor nucleare.

Focul spaimei și al protestelor se întinde. Cercurile oficiale americane se sezisează de pericol. Doctorul Libby, expertul oficial al Comisiei americane pentru energia atomică, declară că doctorul Schweitzer se înșeală. Îi adresează o scrisoare de 2000 de cuvinte, în care îi scrie, cam ușuratic, că radiațiile remanente după explozii sînt slabe și lipsite de consecințe. Dar ce înseamnă radiație slabă? Este cert că pericolul există deși nu cunoaștem încă toate amănuntele. „Paris Match" ne informează că, la 20 august 1956, asupra localităților Bath și Cheltenham, a căzut o ploaie radioactivă. Timp de cîteva zile mortalitatea infantilă a crescut cu 50%. Poate că este o simplă coincidență. Dar asemenea coincidențe se înmulțesc în ultimul timp. Se poate oare afirma cu răspundere că efectul ionizant al radiațiilor din atmosferă asupra celulelor vii nu va avea consecințe sensibile asupra noastră?

Iată o mică fabulă aproape esopică, care a pus pe gînduri chiar și pe cei mai sceptici...

Un șobolan de cîmp trăia pe marginea unui rîu, printre ierburi grase și flori de cîmp. Într-o zi moare. Trece pe acolo un om învățat, îl observă, îl ia, îl duce în laboratorul său. Rezultatul autopsiei: moartea a fost provocată de un cancer al osului. De unde cancerul — nu era greu de ghicit: apele rîului răcesc reactorii din Oak Ridge și, în ciuda filtrării, conțin cantități de stronțiu 90. Morala fabulei: de ce nu și oamenii? întrebarea este chinuitoare. Ea torturează astăzi conștiința tuturor fizicienilor care au participat sau participă la smulgerea focului nou din nucleul atomic. „Ce ați face dacă în anii care vin vi s-ar cere să colaborați la proiectul bombei atomice?" i-a pus profesorul von Weizsäcker întrebarea unui tînăr fizician. „Aș refuza". „Chiar dacă v-ați pierde postul?" „Cu atît

mai prost. Există momente cînd trebuie să rupi scurt, fără ezitare."

Jocul cu bomba atomică devine extrem de periculos. Nu poţi şti cînd şi unde apare primejdia. Nu poţi să ştii cînd se vor fi acumulat în atmosferă destule substanţe radioactive ca primejdia să fie iminentă.

TREZIRE LA CONŞTIINŢĂ

Devorat de nelinişte, provocată de contradicţia dintre ceea ce a vrut să realizeze şi ceea ce s-a realizat de fapt — după lungi frămîntări — omul de ştiinţă se revoltă împotriva zeilor care abuzează de el, refuză să mai fie părtaş la apocaliptica campanie de ucidere a omenirii. Conştiinţa sa victorioasă îi impune precisa obligaţie a răspunderii nu numai faţă de adevărul ştiinţific, ci şi faţă de utilizările care i se dau. El se simte acum — precum a declarat în faţa studenţilor universităţii din Bonn profesorul K. F. von Weizsäcker — obligat de a depune un legămînt solemn în faţa omenirii întregi, prin care — aidoma străvechiul jurămînt hipocratic al medicilor — „se angajează să cîntărească cu grijă urmările activităţii sale asupra vieţii oamenilor." Bertholt Brecht — în celebra sa piesă consacrată lui Galilei — a cerut fizicienilor şi tuturor oamenilor de ştiinţă depunerea acestui jurămînt, încă în atmosfera sălbatică a pregătirii agresiunii hitleriste. Profesorul von Weizsäcker însuşi a devenit animatorul mişcării de protest a savanţilor atomişti germani şi iniţiatorul „manifestului celor 18 de la Göttingen", care a răscolit opinia publică mondială. La 18 aprilie 1957, cancelarul Adenauer îi convoacă la castelul său din Schaumburg. Aci soseşte cu un avion special de la Paris şi generalul Speidel, pentru a lămuri aceşti oneşti,



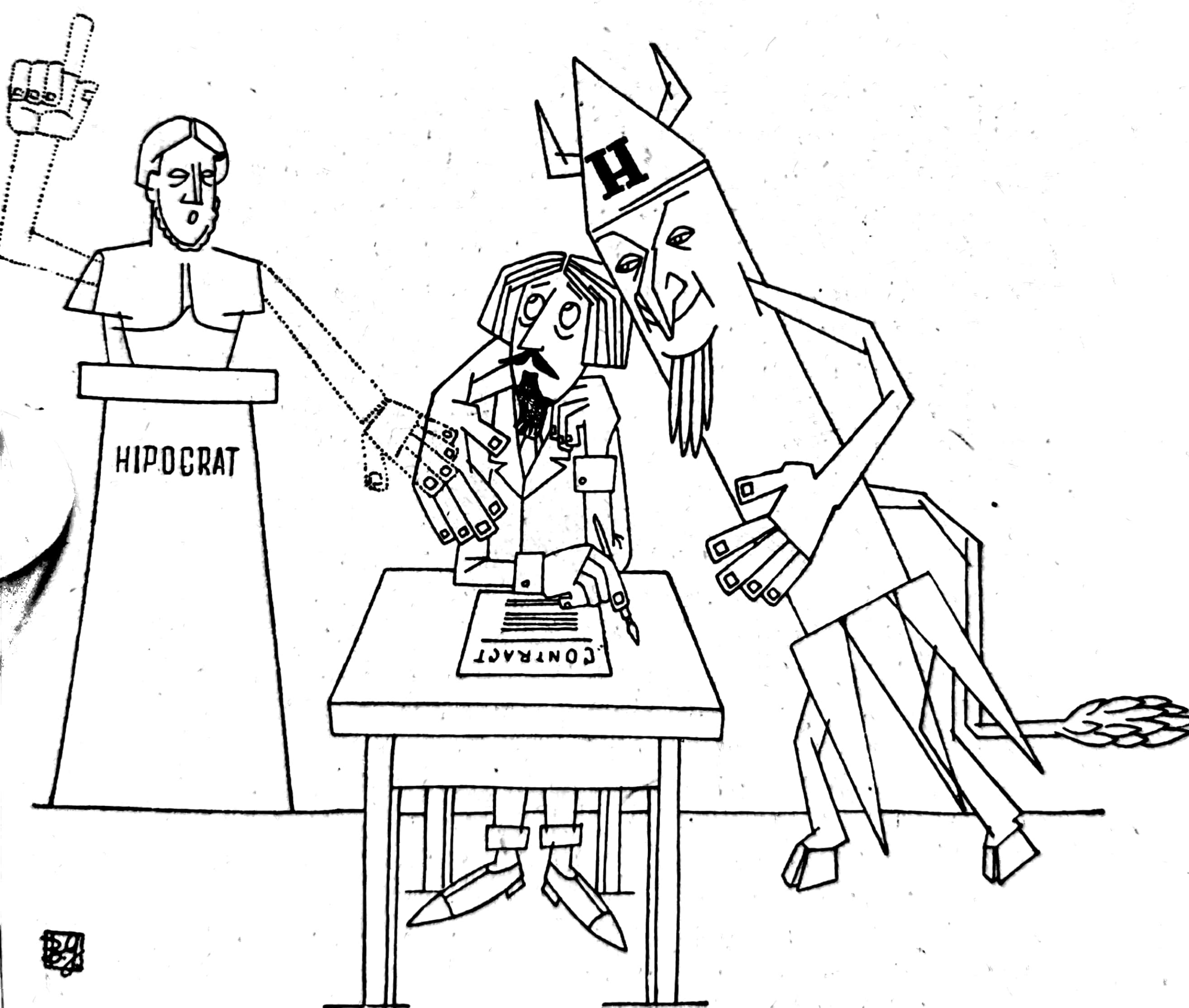
dar naivi fizicieni. Altceva este știința și altceva este politica, îi avertizează cancelarul într-un discurs de 45 de minute. Nu vă amestecați. Vedeți-vă de treabă.

Dar procesul este ireversibil. Glasul conștiinței nu poate fi redus la tăcere. Nu mai poate fi ocolită privirea omenirii chinuite de coșmarul atomic. Și nimic nu-i va absolvi pe complici de greaua răspundere.

Un fenomen nou se petrece printre oamenii de știință. Un proces de cristalizare a cuprins în mod subit republica științelor: procesul trezirii la conștiință al savanților. Pînă acum au protestat numai victimele actuale și cele prezumptive : sute de milioane de oameni. Dintre savanți, doar unii. Este adevărat că nu cei mai neînsemnați : Einstein, Joliot-Curie, Linus Pauling, Bernal, Skobelțîn, Powell, B. Russel, Norbert Wiener ș. a. Alții sufereau în tăcere. (În jurnalul intim al profesorului Bagge, cunoscut atomist din Hamburg, publicat recent în R.F.G., citim următoarea notă datată din 7 august 1945: „Am avut o seară îngrozitoare. Radio Londra a anunțat că în Japonia a fost lansată o bombă atomică. Dl. Hahn a fost zguduit la auzul acestei vești. Era îngrozit de ideea că descoperirea sa ar putea avea asemenea consecințe. Dl. von Laue și dl. Gerlach erau de asemenea foarte mișcați. Cît de compătimit era sărmanul profesor Hahn! Ne-a povestit că încă atunci, cînd pentru prima dată și-a dat seama ce forță înspăimîntătoare poate fi eliberată în urma fisiunii uraniului, nopți de-a rîndul nu și-a închis ochii, și a ajuns să fie preocupat de ideea sinuciderii... Pe la ora două noaptea, cineva a bătut la ușa mea și intră von Laue. Trebuie să facem ceva — spuse. Sînt foarte îngrijorat pentru Otto Hahn. Știrile l-au răscolit cu totul. Mă tem de cele mai rele consecințe... Am stat pînă tîrziu la veghe și nu ne-am culcat decît atunci cînd

ne-am convins că Hahn a adormit".) Acum însă această atitudine s-a generalizat în mod subit. Doctorul Faust al epocii noastre se trezește la conștiință. Numai slujirea omului îl poate salva de la prăbușire.

Soarele în miniatură, pe care și l-a creat omul, este încă mult prea puternic și mai ales mult prea sălbatic, nesupus, pentru a putea fi utilizat ca izvor de energie în scopuri industriale. Acum, omenirea s-ar mulțumi și cu unul mai mic, dar mai docil,



Tentația lui Faust în epoca atomului

mai blînd... şi fără îndoială că în scurtă vreme îl vom avea şi pe acesta. Atunci soarele terestru care s-a aprins pe cerul insulelor Bikini, prevestind groază, distrugeri şi moarte, va străluci pe cerul omenirii, anunţînd era plină de speranţe a păcii şi belşugului.

CĂTRE DOMESTICIREA ENERGIEI—H

Dar, pentru ca reacţia termonucleară să poată fi utilizată în scopuri paşnice, este necesar s-o putem prelungi şi frîna în mod artificial, pe o perioadă de timp mai îndelungată, lucru posibil, deoarece în Soare şi în stele au loc asemenea fenomene. Soarele şi stelele sînt un fel de bombe cu hidrogen, frînate, nişte reactori atomici care funcţionează într-un echilibru stabil, pe baza sintezei heliului. Dacă, pînă nu de mult, ne aflam în situaţia că, deşi cunoaştem secretul aprinderii noului foc nuclear, trebuia să aprindem fiecare atom de hidrogen în parte — acum putem, în sfîrşit, să aprindem focul nou chiar şi cu un singur băţ de chibrit, dar pîinea noastră cea de toate zilele încă nu o putem coace la căldura soarelui artificial. Deocamdată, stăm îngroziţi în faţa lui, ca omul preistoric în faţa văpăilor înfricoşătoare ale vulcanilor în erupţie sau a pădurilor în flăcări.

Există însă temeiuri să credem că în curînd omul va ajunge să stăpînească şi acest foc. În prezent, în cîteva (desigur foarte puţine) locuri din lume, continuă experienţe în acest sens.

La trei leghe nord-est de oraşul Princeton se găseşte un stabiliment sever păzit, înconjurat cu un gard înalt de sîrmă ghimpată. Cca. 40 de cercetători lucrează aici la realizarea proiectului american

elaborat în scopul îmblînzirii reacţiei termonucleare. După informaţiile publicate de revista „Nucleonics", vîrsta medie a colaboratorilor din stabilimentul de lîngă Princeton e de 34 de ani; conducătorul proiectului, dr. Lymann Spitzer, are 42 de ani. Nici o ştire concretă nu s-a putut afla despre lucrările întreprinse. Reporterul revistei sus citate a putut să observe doar că lipsesc edificii de dimensiuni mari, de unde a dedus că în efectuarea experienţelor nu sînt utilizate acceleratoare de particule de energii înalte. S-a mai putut afla şi un amănunt semnificativ: printre cei care conduc proiectul se găsesc şi specialişti în domeniul geofizicii şi al... astrofizicii.

Afară de aceasta, se mai fac cercetări pe cont propriu şi la Colegiul Tuft, din Carolina de Sud, precum şi la Cambridge din Massachusets. La aceste cercetări participă colective mai restrînse. Ele se desfăşoară fără nici un secret, în văzul tuturor, şi ştim că deocamdată fără nici un rezultat pozitiv.

„WE MUST DECLASSIFY"

În această situaţie este explicabil de ce a stîrnit atîta senzaţie comunicarea făcută în aprilie 1956 de către academicianul Kurceatov, la Harwell, în cadrul Centralei britanice pentru cercetările atomice. Cu acest prilej, savantul sovietic a făcut cunoscute opiniei ştiinţifice mondiale amănuntele tehnice ale unei importante experienţe atomice efectuate în U.R.S.S. „De la consfătuirea de la Geneva încoace, evenimentul cel mai dramatic şi cel mai însemnat al vremurilor noastre a fost discursul surprinzător rostit de savantul rus Igor Kurceatov despre fuziune — afirma cunoscuta re-

vistă americană „Nucleonics". — Prin această conferinţă, ruşii au luat-o mult înaintea Statelor Unite, în privinţa libertăţii comunicărilor în legătură cu reacţia termonucleară. Este cu neputinţă să ştim cîte din rezultatele obţinute de ruşi au fost dezvăluite de Kurceatov, rămîne însă limpede că el a făcut un raport documentat asupra unei experienţe de importanţă capitală în direcţia realizării eventuale a controlului asupra energiilor termonucleare". Concluzia ? „We must declassify" ! — trebuie să desfiinţăm caracterul secret al informaţiilor în legătură cu reacţia termonucleară. De altfel, lucrul acesta a fost cerut şi de toţi savanţii care au răspuns la ancheta organizată cu ocazia aceasta de revista Nucleonics.

În faţa unui auditoriu compus din aproape 300 de savanţi din domeniul cercetărilor atomice, profesorul Kurceatov a făcut o dare de seamă despre experienţele executate în laborator, sub conducerea academicianului Arţimovici, în direcţia obţinerii temperaturii uriaşe, necesară pentru declanşarea reacţiei termonucleare. O asemenea temperatură de mii, ba chiar de milioane de grade, nu poate fi produsă decît dacă amestecul gazos care urmează a fi încălzit este cu desăvîrşire izolat de mediul înconjurător — respectiv, în cazul nostru de pereţii vasului. În lipsa posibilităţii unei asemenea izolări, datorită efectului termic dintre gaz şi pereţii vasului, ar fi cu neputinţă să se realizeze o temperatură mai înaltă de 100 000 de grade. Totuşi, încă din anul 1951, academicienii Tamm şi Saharov, acesta din urmă în vîrstă atunci de numai 29 de ani, au stabilit teoretic că, încălzind plasma gazoasă pînă la o temperatură foarte înaltă, curentul electric care o străbate produce un cîmp de forţe magnetice, datorită căruia plasma poate

fi izolată total de pereţii vasului. Cîmpul magnetic creat de curentul electric se aseamănă cu un vîrtej care răsuceşte şi îndeseşte plasma gazoasă prin care circulă — întocmai ca pe un fir de lînă. Prin acest procedeu s-a reuşit să se treacă prin deuteriu gazos aproximativ 2 milioane amperi, numai într-a milioana fracţiune de secundă. Puterea electrică maximă atinsă în momentul descărcării a fost de aproximativ 40 de milioane de kilowaţi, adică o forţă care întrece cu mult pe aceea a trăsnetului. Procesul acesta a fost filmat cu ajutorul unui aparat de filmare, care înregistrează 2 milioane de imagini pe secundă!

Cercetările întreprinse asupra experienţei au stabilit că în momentul descărcării electrice temperatura degajată se ridică în interiorul plasmei izolate pînă la cîteva milioane de grade. Totuşi, reacţia termonucleară nu a putut avea loc, deoarece procesul nu se stabilizează, ci firul se îngroaşă şi se destramă. Din păcate, pe cale experimentală nu s-au putut obţine decît 2—3 comprimări consecutive în plasmă.

Totuşi, este de asemenea neîndoielnică ipoteza că aceste experienţe vor constitui încă baza unor viitoare cercetări importante. Prof. E. Teller, una din personalităţile conducătoare ale cercetărilor nucleare din S.U.A., şi-a exprimat părerea că aceste experienţe ar putea duce la descoperirea posibilităţii de a transforma energia nucleară direct în energie electrică, fără intermediul unui ciclu termic.

ASTROFIZICĂ ÎN LABORATOR

În orice caz, acum, pentru prima dată a reuşit reproducerea sintetică şi studiul unor mostre minuscule ale substanţei stelare în laboratoarele pămîn-

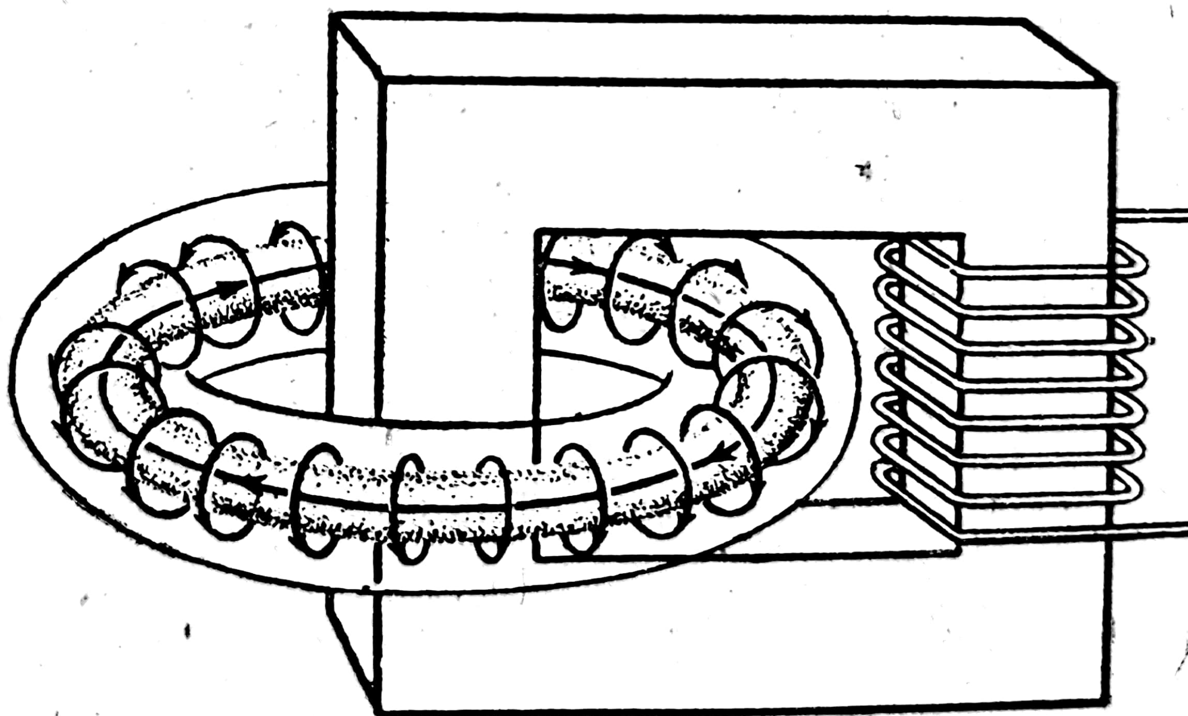
teşti. În această ordine de idei prezintă interes experienţele profesorului W. Bostick care, cu ajutorul unei instalaţii denumită „tun de plasmă", a produs — pe o cale diferită de cea urmată de Kurceatov — mici nori de plasmă. Acestea, supuse efectivului unui cîmp magnetic, îmbrăcau forme care evocau nebuloasele spirale de pe cer. Oare va însemna aceasta începuturile unei adevărate astrofizici experimentale în laborator ?

De mai mult timp se bănuieşte că, în determinarea formei geometrice a nebuloaselor cîmpurile magnetice trebuie să joace un rol important. Cu cîţiva ani în urmă, academicianul G. A. Şain a atras atenţia că foarte multe nebuloase au forme extrem de alungite. El a demonstrat că această formă nu poate fi explicată decît prin intervenţia acţiunii permanente a unor cîmpuri magnetice suficient de puternice. Acum, această teorie electromagnetică a geometriei nebuloaselor a primit oarecum o primă confirmare experimentală.

În aprilie 1957, S.U.A. a anunţat începerea construcţiei unui aparat special, destinat cercetării reacţiei termonucleare. Aparatul va fi construit la Universitatea din Princeton şi va purta denumirea de „Stellarator model-C". Numele acesta este compus din Stella (stea) şi generator. Aparatul va fi probabil gata în anul 1960 sau 1961 şi se bazează în esenţă pe principiul experienţei lui Kurceatov : menţinerea unei temperaturi de fuziune, supraînalte, în plasma izolată de mediu, cu ajutorul unui cîmp magnetic.

În ultima vreme au fost construite instalaţii experimentale asemănătoare în mai multe ţări : în Franţa, Suedia, Japonia, în Republica Federală Germană. La 24 ianuarie 1958, John Cockroft a anunţat că la centrul din Harwel a fost realizată instalaţia ZETA cu scopul de a realiza reacţia de fuziune termonucleară. Ca şi în experienţele

lui Kurceatov, temperatura uriașă de ordinul milioanelor de grade a fost obținută și aici în urma trecerii unui curent de 200 000 de amperi prin plasma de deuteriu. Fenomenul de condensare a plasmei a putut fi stabilizat pe un timp ceva mai lung. Însă, s-a stabilit că nu au apărut neutroni într-un număr suficient de mare, pentru ca să se poată conchide asupra realizării fuziunii deuteriului. Căci, precum am văzut mai sus, prin fuziunea a două nuclee de deuteriu ia naștere izotopul ușor al heliului (He-3) și devine liber un neutron. Desigur, sîntem încă departe de o utilizare industrială. Am văzut doar că, pe lîngă temperaturi de ordinul milioanelor de grade, fuziunea deuteriului se petrece cu o probabilitate, deci cu o abundență foarte scăzută, fiind din această cauză mult



Schema aparatului ZETA. Curentul electric ce traversează bobina primară a unui transformator produce în tubul din stînga, umplut cu plasmă, un puternic curent de inducție. Sub acțiunea cîmpului magnetic firul de plasmă se contractă (efect pinch) și se realizează astfel izolarea plasmei de pereții tubului inelar

prea puțin rentabilă. Astfel, s-a găsit o cale spre domesticirea reacției termonucleare și, chiar dacă este încă inutilizabilă pentru scopuri practice, a devenit totuși un proces lipsit de pericolul exploziei catastrofale. Pentru a putea realiza reacția termonucleară dirijată este nevoie, precum am văzut că temperatura de fuziune să se ridice la sute de milioane de grade. În declarația oficială se pomenește de construcția în curs a unei instalații experimentale capabile să producă asemenea temperaturi. * Trebuie să reamintim totodată că sinteza heliului ușor eliberează energii, care raportate la unitatea de masă ce intră în reacție, depășesc puțin energia obținută din fisiunea uraniului. Un cîștig esențial din acest punct de vedere se va putea obține abia la o sinteză realizată în plasma de deuteriu amestecată cu hidrogen obișnuit sau cu tritiu. Avantajele practice ale izvorului energetic termonuclear se vor manifesta în accesibilitatea ușoară a combustibilului, în inepuizabilitatea sa practică, precum și în împrejurarea că în urma fuziunii hidrogenului nu apar acele deșeuri radioactive, atît de periculoase pentru sănătatea omului, care apar în urma fisiunii uraniului și a plutoniului în bombe sau în reactori.

Am vorbit de faptă prometeică. Dar acum se întîmplă ceva mai mult. În persoana fizicianului atomist, Prometeu se asociază în realitate cu Faust. Căci el a ajuns în posesia focului solar nu prin actul unui furt, ci prin aceea că a creat focul solar cu propriile sale mîini în laboratoarele terestre.

La început, omul a contemplat firmamentul doar cu ochiul liber. Apoi, într-o zi, Galilei a îndreptat luneta către cer și a descoperit că Luna, planetele

* Față de aceste încercări un progres real marchează construirea instalației OGRA în U.R.S.S. (1 sept. 1958). Inovațiile ingenioase introduse aici îndreptățesc speranța că această instalație va putea realiza reacția termonucleară.

sînt și ele sfere de piatră asemănătoare solului terestru. Newton a demonstrat apoi că Luna, Soarele, planetele se supun acelorași legi mecanice ca și merele sau pietrele care cad pe pămînt. Peste două secole, analiza spectrală a luminii stelelor a demonstrat că substanța acestora este alcătuită din aceleași elemente chimice din care a fost construit Soarele și Pămîntul. Nu de mult a început și cercetarea fenomenelor electromagnetice din Cosmos, cu ajutorul telescoapelor radioastronomice. În toate acestea, elementul experimental era



Confruntare 1958

— Vezi, i-ai lăsat să mănînce din Pomul Înțelepciunii și acum m-au detronat nu numai pe Mine, dar și pe tine!

încă pasiv și se rezuma la observații și la înregistrarea lor. Elementul activ, creator a fost reprezentat, în tot acest interval de timp, doar de rațiune. Acum însă asistăm la o răsturnare revoluționară în istoria astronomiei: pe cer a apărut sputnikul, lunile artificiale și a pornit reproducerea artificială, în laboratoarele pămîntești, a substanței stelare, a plasmei, împreună cu reproducerea reacțiilor energetice termonucleare stelare. Mecanica cerească a lui Newton a făcut inutilă — după celebra butadă a lui Laplace — ipoteza ființei supreme în explicarea Cosmosului. Acum însă omul nu înlătură numai Demiurgul Lumii, dar îi răpește una din cele mai divine și mai exclusive prerogative: creația lunei, a soarelui, a stelelor. Și cea mai mare mîndrie a geniului uman este poate tocmai aceea că realizarea materială a lunei și a stelelor artificiale a fost precedată de realizarea acestora în sfera rațiunii.

„A sosit vremea — spunea profesorul Nesmeianov, președintele Academiei de Științe a U.R.S.S., la un congres științific, ținut în anul 1955 — ca în locul infimelor fărîme de energie înmagazinate pe Pămînt din uriașa energie a Soarelui, să ne creăm și noi soarele nostru aici, pe Pămînt. Țelul acesta va fi atins abia atunci cînd vom izbuti să realizăm reacții nucleare asemănătoare acelora care se petrec în interiorul Soarelui, reacții pe care însă să le putem dirija. Atunci vom fi realizat și noi soarele nostru pe pămînt!"

SINTEZA HELIULUI — LA RECE

Cînd facem speculații asupra posibilităților de a domestici reacția termonucleară trebuie să luăm în seamă că pot interveni amănunte și descoperiri cu totul neprevăzute, care să schimbe radical situația.

Aşa s-a întîmplat şi în cazul eliberării energiei atomice obişnuite, unde soluţia cu totul neprevăzută şi neaşteptată a fost adusă de descoperirea fisiunii în lanţ a uraniului-235. Natura s-a purtat în această privinţă cu infinită bunăvoinţă faţă de oameni, şi întîmplări norocoase au apărut mereu după o aşteptare nu prea lungă, pentru a ne scoate din impas.

Iată că şi în domeniul realizării sintezei heliului a fost găsită recent o altă cale decît aceea a reacţiei termonucleare: un proces nuclear care realizează fuziunea la **rece,** fără intervenţia temperaturilor de fuziune supraînalte.

Se pare că ideea de bază a fost mai de mult enunţată de Ch. Frank, un colaborator al celebrului atomist englez Powell. Observînd urmele mezonilor-pi şi mü în emulsia fotografică, Frank a observat că urmele unor mezoni-mü se întrerupt brusc, ca apoi să reapară, formînd însă un unghi faţă de traiectoria principală. Frank a interpretat aceste urme în felul următor: mezonul-mü mijloceşte într-un anume fel sinteza nucleelor atomice din emulsia fotografică; se eliberează energia corespunzătoare defectului de masă şi mezonul devine iar liber, fiind azvîrlit la o parte de energia eliberată. Calculele amănunţite au arătat însă că probabilitatea unei asemenea reacţii în substanţa emulsiei fotografice este egală aproape cu zero.

Acum cîţiva ani în urmă, Iu. B. Zeldovici şi A. D. Saharov, membri ai Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., au abordat, independent unul de altul, această problemă pe o cale pur teoretică, studiind însă procesul nu în emulsia fotografică, ci într-un mediu de hidrogen lichid. Iată, în linii mari, teoria lor: dacă un mezon-mü negativ se alătură unui atom de hidrogen, atunci există posibilitatea ca el să intre în locul electronului şi să înceapă să se rotească în jurul nucleului, compus dintr-un sin-

gur proton. Mezonul avînd o masă de 207 ori superioară masei electronului, orbita sa va fi situată, precum arată calculele, de 207 ori mai aproape de nucleul atomului de hidrogen, ca orbita electronului. Acest sistem mezoatomic poartă denumirea de mezoproton. Volumul său este de 207^3, adică aproape de 9 milioane ori mai mic decît volumul atomului de hidrogen obișnuit. Mezoprotonul este neutru din punct de vedere electric. Datorită acestui fapt, precum și dimensiunilor sale minuscule, el poate să se apropie foarte mult de nucleele atomice, putînd traversa fără piedică bariera de potențial electric ce înconjoară nucleul. Teoria amintită stabilește că atunci cînd mezoprotonul se apropie de un nucleu de deuteriu, atunci mezonul poate să se rotească în jurul ambelor nuclee. Nucleele se apropie unul de altul ca la o reacție termonucleară și într-un interval de timp foarte scurt (în medie într-o milionime de secundă) se contopesc, dînd naștere unui atom al izotopului ușor de heliu He^3_2. Ca rezultat — se eliberează o cantitate de energie de 5,4 MeV, corespunzătoare defectului de masă dintre heliu-3 și masele atomului de hidrogen și de deuteriu luate împreună. Se face liber totodată și mezonul-mü, care a mijlocit reacția.

Sinteza heliului se face în acest caz pe cale absolut pașnică, fără zgomot, fără temperaturi supraînalte, fără bombe, prin cataliza cu ajutorul mezonului-mü.

Profesorul Luiz Alvarez de la Universitatea din California studia urmele fluxului de mezoni provenit din Cosmotronul de 6 BeV de la Berkeley. Urmele particulelor erau înregistrate nu pe o placă fotografică sau o cameră Wilson obișnuită, ci într-un aparat de tip perfecționat, inventat în 1952 de un tînăr fizician american, Glaser, numit „ca-

meră de bule". În loc de gazul suprasaturat al camerei Wilson, camera cu bule utilizează un fluid menţinut cu ajutorul presiunii la o temperatură superioară temperaturii normale de fierbere. Pătrunderea unei particule încărcate provoacă o răsturnare a echilibrului termodinamic de-a lungul traiectoriei, amorsează fierberea — în urma căreia apar bule de gaz, care marchează drumul particulelor. Camera cu bule are foarte mari avantaje faţă de camera Wilson: dă imagini mai clare, traiectoriile se conturează mai precis şi devine posibilă efectuarea unor experienţe care în camera Wilson nu puteau fi executate cu succes.

Aşa este şi experienţa lui Alvarez, care a studiat urmele mezonilor-mü în camera cu bule umplută cu hidrogen lichid. Alvarez a executat 75 000 de fotografii şi a găsit că, din 2 500 de imagini, 16 prezintă un aspect ciudat: urma mezonului-mü negativ se întrerupe brusc, ca după cîţiva milimetri să apară iar... din nimic. De obicei, urmele mezonilor-mü reflectă dezintegrarea acestor particule, în urma căreia apar un electron şi doi neutrino.

În medie, la un caz din 150, traiectoria mezonului negativ prezintă această abatere ciudată de la traiectoria clasică: dezintegrarea aici nu apare decît după două sau chiar trei întreruperi. După o analiză amănunţită, Alvarez şi colaboratorii săi au ajuns la concluzia că avem de-a face cu urmele lăsate de sinteza heliului. Mezonul-mü joacă în acest proces rolul unui catalizator care mijloceşte apariţia reacţiei, după care devine iar liber şi-şi continuă drumul pînă la dezintegrare. Aceasta rezultă de acolo că după cîţiva milimetri de întrerupere mezonul apare din nou. Astfel, posibilitatea de a realiza reacţia de sinteză a heliului „la rece" a fost demonstrată pe cale experimentală: teoria lui Zeldovici a fost confirmată.

Rezultatul lui Alvarez schimbă dintr-o dată perspectivele domesticirii energiei-H. Desigur perspectivele teoretice deocamdată.

Cu perspectivele practice ale utilizării energiei de fuziune stăm la fel ca şi cu eliberarea energiei atomice obişnuite pe timpul experienţelor lui Rutherford şi Blackett. Nu reuşim să provocăm cataliza nucleară decît la un număr redus de atomi, şi energia cîştigată este infimă faţă de cea cheltuită pentru producerea ei. Afară de aceasta, nici această reacţie de cataliză nu se menţine printr-un mecanism de lanţ şi nu se transformă într-un proces de sinteză a heliului în cantităţi masive.

De aceea nu putem afirma deocamdată că sinteza catalitică a heliului va constitui baza viitoarei domesticiri a energiei-H. Revista Znanie Sîla ne informează că luînd cuvîntul, la începutul lunii martie 1957, la Institutul de fizică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., profesorul Zeldovici a atras atenţia că nu trebuie să ne facem iluzii premature. Iar profesorul Alvarez a spus că se găseşte deocamdată în situaţia băieţaşului care a pus mîna pe un ban şi se crede miliardar.

Dar cine ştie? După atîtea previziuni — poate un eveniment ştiinţific neprevăzut, în care istoria fizicii atomice din ultimele decenii a fost atît de darnică, va aduce soluţia problemei.

„STEAUA SUS RĂSARE..."

Omul a reuşit în prezent să dea viaţă unui soare artificial, deşi numai pentru o clipă. Aşa că n-ar mai fi atît de surprinzător ca iubita să dea crezare îndrăgostitului visător, care i-ar făgădui Soarele şi Luna de pe cer (noi l-am ruga însă ca, deocamdată,

să facă pe altă cale dovada sincerității simțămintelor sale). Dar nu sîntem încă decît abia la începutul drumului. Drumul cercetării ne duce, într-un anumit fel, în sens opus. Căci cercetările au arătat că exploziile atomice realizate pe Pămînt au loc în mod obișnuit și în spațiile cosmice. Astronomii au observat, încă de mult, cum cîte una din stelele cu lumină mai slabă, care abia-abia mai clipocește, se aprinde uneori brusc și, în numai cîteva zile, strălucirea ei devine de peste o sută de mii de ori mai puternică. Apoi iar începe să pălească pînă cînd, după cîteva luni, se pierde din nou în oceanul de stele. O asemenea stea se numește „Nova", și se presupune că strălucirea ei bruscă provine din aprinderea, provocată de forțe deocamdată necunoscute, a învelișului stelei. Aprinderea novelor este un fenomen relativ obișnuit. În sistemul căii lactee se aprind în medie 20 de nove pe an. Și s-a observat că acest lucru se petrece și în alte sisteme galactice din Univers. De exemplu în decursul anului 1956, doi astronomi italieni — Grubissich și Rosino — au observat apariția a opt stele noi în nebuloasa Andromeda, care se găsește la o distanță de cca. 1 800 000 ani lumină de la noi.

Mai există însă și o specie deosebită de nove, care au atras în mod deosebit atenția asupra lor, prin faptul că atunci cînd se aprind au o strălucire de 10 000 de ori mai mare decît novele obișnuite, încît, adeseori, pot fi văzute chiar și ziua. Stelele acestea se numesc supernove.

Supernovele sînt destul de rare: Un asemenea fenomen a fost de exemplu observat de astronomul danez Tycho Brahe, acum aproape 400 de ani, în noaptea de 11 noiembrie 1572. El a surprins aprinderea bruscă a unei supernove din Constelația Cassiopeei, care face parte din sistemul Căii lactee.

„Steaua cea nouă" se putea vedea chiar şi ziua. În luna decembrie, lumina ei a început să scadă, iar după 16 luni n-a mai putut fi observată de loc de astronomi. Cu vreo 9 secole în urmă, astronomii chinezi au observat aprinderea unei supernove în constelaţia Taurului. În realitate, explozia s-a produs cu vreo 3 000 de ani î.e.n., dar ea s-a petrecut la depărtări atît de mari de Pămînt, încît într-adevăr „mii de ani i-au trebuit luminii să ne-ajungă". Vechile cronici chineze au consemnat şi faptul că steaua cea nouă se putea vedea şi ziua. Dar, în timp ce pe locul unde fusese supernova lui Tycho nu s-a putut observa nici un fel de urmă materială vizibilă, în constelaţia Taurului s-a descoperit o nebuloasă alcătuită din gaze, care se dilată cu o viteză de 1 300 km/sec, păstrînd forma unui crab marin. S-a demonstrat că această nebuloasă a luat naştere în urma unei explozii stelare, care a avut loc acum 900 de ani. Aceste urme de ceaţă vizibile încă şi astăzi, reprezintă rămăşiţele... cereşti ale supernovei chineze. În 1954 academicianul Fesenkov a descoperit că nebuloasa Vălului din constelaţia Lebăda se dilată cu o viteză de 45 km/sec. R. Minkowsky a dedus din observaţiile lui Fesenkov că nebuloasa Vălului este şi ea rămăşiţa unei supernove care a explodat acum cca. 30 000 de ani. Probabil că şi steaua din Vitleem a fost o supernovă.

CÎNTECUL COSMOSULUI : RADIOASTRONOMIA

O contribuţie esenţială la dezlegarea misterului legat de apariţia supernovelor a adus-o ramura cea mai tînără a electronicii : radioastronomia.

Diferitele zone și puncte ale Universului emit unde electromagnetice de lungimi și intensități diferite, care ne permit să tragem cîteva concluzii relative la unele din condițiile fizice — de pildă temperatura — existente la locul de emitere.

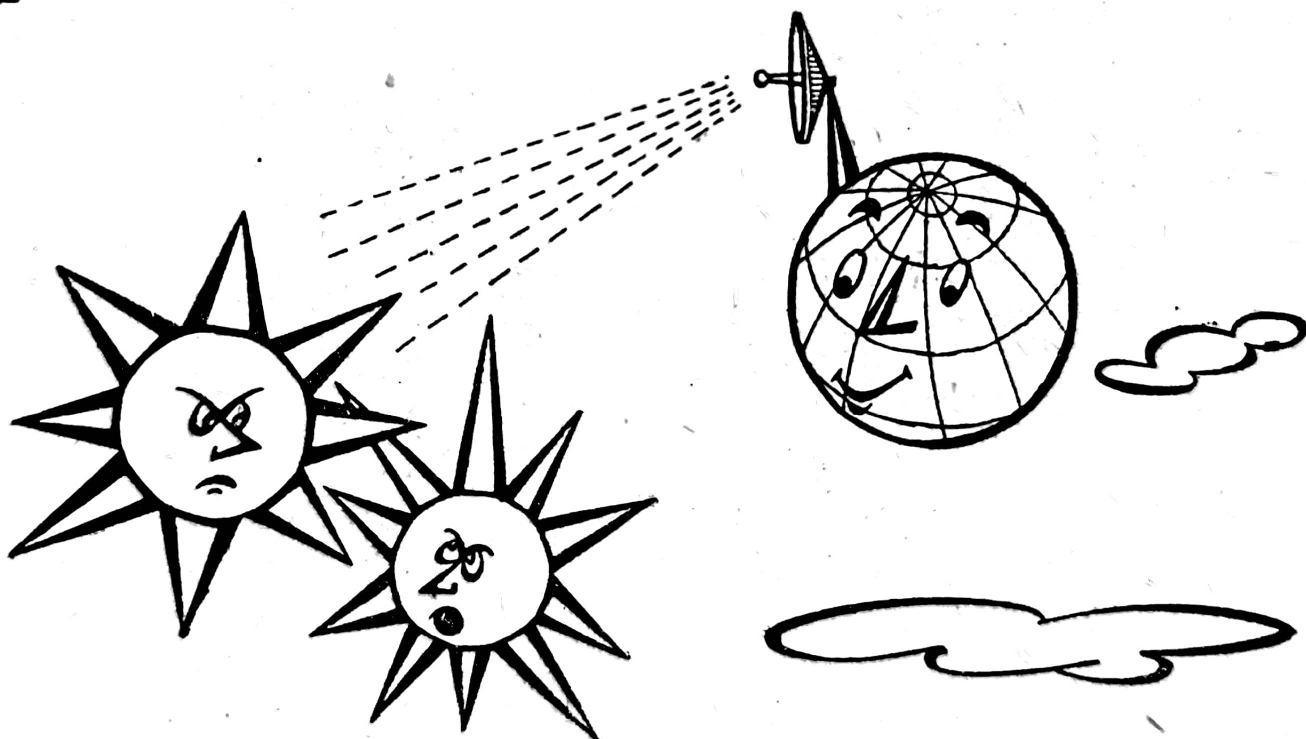
Descoperirea și tălmăcirea semnalelor radiocosmice se datoresc unei întîmplări asemănătoare cu cea care a dus la descoperirea razelor cosmice: imposibilitatea de a înlătura factorii care perturbau experiențele.

Hîrîie aparatul de radio. Ce-l face să hîrîie? De unde vin zgomotele neplăcute, care ne supără? Se datoresc ele oare vreunui contact greșit de pe undeva sau poate condițiilor atmosferice?

Prin 1931—1932, Jansky, inginer la laboratoarele Bell, studiind problema protecției împotriva paraziților atmosferici, a remarcat cu surprindere că există anumiți paraziți, care nu pot fi înlăturați în nici un chip. A constatat de asemenea că zgomotele acestea sînt provocate de niște vibrații electromagnetice, al căror izvor trebuie să se afle în spațiile interplanetare și nicidecum pe pămînt. În anul 1937, radiofonistul unui vas sovietic a stabilit cu precizie faptul că Soarele emite unde electromagnetice. În cursul celui de al doilea război mondial, aceste zgomote cosmice au deranjat cîteodată în mod neplăcut radarul. Totuși, studii mai aprofundate în această privință au început să fie întreprinse numai de vreo zece ani încoace. S-a creat astfel foarte repede o nouă ramură a științei: radioastronomia.

Ceea ce pînă mai ieri nu era considerat decît ca un dușman inoportun al oricărui radioamator și de care toți încercau să scape, a devenit acum un vînat de soi, căutat de cei mai de seamă vînători. Dar n-a fost ușor, firește, ca din haosul infinit de zgomote terestre să se selecționeze enigmaticele șoapte cerești. Un singur exemplu va ilustra cu

prisosință marile dificultăți care trebuiau învinse: chiar și la o depărtare de 30 km de emițător, postul de televiziune Moscova continuă să iradieze de 1 milion de ori mai puternic decît undele radio ale Soarelui ! În asemenea condiții, evident că pentru recepționarea undelor radiocosmice a fost nevoie de aparate speciale, excepțional de delicate și de sensibile. Această sensibilitate excepțională a fost obținută cu ajutorul unor antene speciale: niște plase extinse de sîrmă, parabolice, cu ochiuri mărunte, al căror diametru atinge adeseori cîteva zeci de metri. Antena construită lîngă Universitatea din Manchester, de pildă, are un diametru de 76 m. Cu asemenea urechi de sîrmă uriașă, ca de mamut,



Indiscreție

— Am impresia că de la un timp încoace vecinul nostru cam trage cu urechea

ascultă astronomii adevărata „muzică a sferelor". Uneori se utilizează ca antene rețele extinse, care acoperă suprafețe de cîțiva kilometri pătrați. Aparatele moderne de radio-astronomie sînt atît de sensibile, încît pot înregistra un flux de energie de numai 10^{-17} wați pe metru pătrat (adică de o sută de milioane de miliarde de ori mai slab decît un wat). O comparație citată de profesorul V. Siforov ne dă o idee despre „tăria" acestui flux. O lanternă de buzunar aprinsă la Leningrad radiază la Moscova o energie de 10^{-14} wați pe metru pătrat. Iar un flux de 10^{-17} wați corespunde energiei recepționate la Vladivostok, provenită de la o lanternă ce arde la Moscova.

Cu ajutorul acestor aparate extraordinar de sensibile, cercetătorii au reușit să constate că pe Pămînt sosesc din diferite locuri ale Universului unde radio.

Soarele emite semnale radio în special cu ocazia erupțiilor puternice ce se petrec la suprafața lui. Asemenea eveniment remarcabil prin amploarea sa a avut loc și la 1 iulie 1957, concomitent cu deschiderea Anului Geofizic Internațional. Unde radio emite și gazul rarefiat din spațiul dintre stele: acestea pot fi ascultate oricînd pe lungimea de undă de 21 cm. Din lungimea de undă a emițătorului se deduce că spațiile cosmice sînt umplute cu atomi de hidrogen. Unda cu lungimea de 21 cm este semnalul sonor al postului cosmic de radio-Hidrogen.

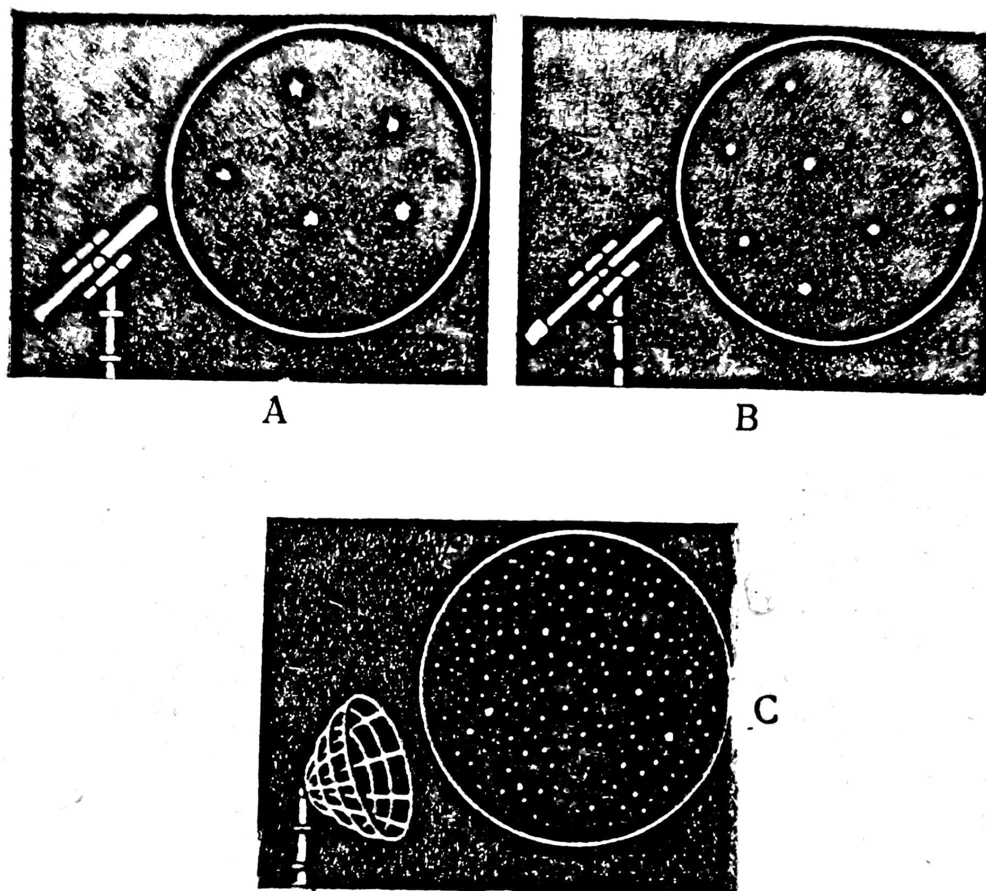
Pînă acum, corpurile cerești erau cercetate numai cu ajutorul razelor de lumină. De ex. în 1934, instrumentele noastre optice cele mai puternice pătrundeau la o distanță de 150 de milioane ani lumină. Telescopul uriaș de pe muntele Palomar, cu o oglindă de 5 m diametru, scrutează Universul pînă la o distanță de 2 miliarde ani-lumină. De fapt, ar fi mai corect să spunem că vede...

cu 2 miliarde de ani în trecut*. Radiotelescopul este un aparat de recepţie astronomic auditiv. Cu ajutorul unor asemena aparate, putem nu numai să vedem, dar şi să auzim ce s-a petrecut în trecut. Dar, fiindcă în spaţiile cosmice undele radio sînt mai greu absorbite decît undele optice, radiotelescoapele pătrund cu urechile lor uriaşe mai adînc în trecut, decît ochiul de ciclop al telescopului optic. Pe baza unor statistici — de altfel deocamdată încă foarte contestate — cu privire la densi-

---

* În ultimii ani, datorită mai ales observaţiilor efectuate cu ajutorul marelui reflector de pe muntele Palomar, au trebuit să fie revizuite în mod radical unităţile de măsură ale distanţelor cosmice, şi în consecinţă înseşi valorile cifrice, acceptate pînă acum pentru aceste distanţe. Pe această bază, de ex. distanţa nebuloasei din constelaţia Andromeda este apreciată astăzi la 1 800 000 ani lumină, în loc de 750 000 ani lumină de pînă acum. Tot cu instrumentul gigantic de pe muntele Palomar, A. R. Sandage a putut efectua observaţii cu privire la nebuloase ce se găsesc dincolo de un miliard ani lumină, informîndu-ne despre rezultatele cercetărilor sale într-un număr din septembrie 1956, al revistei Scientific American. S-a observat mai de mult că liniile spectrale ale elementelor chimice din spectrele galaxiilor îndepărtate (de ex. liniile caracteristice **H** şi **K** ale calciului, care pot fi foarte uşor identificate în spectrele celor mai multe galaxii) sînt deplasate — în comparaţie cu spectrele pămînteşti ale aceloraşi elemente — către fîşia roşie a spectrului. Deplasarea este cu atît mai pronunţată cu cît galaxia este mai îndepărtată de noi. Acest fenomen este interpretat (în afară de o minoritate infimă) de majoritatea astronomilor, ca fiind o consecinţă a mişcării galaxiilor care s-ar depărta de noi şi unele faţă de altele, cu viteze proporţionale cu distanţa lor. Acest fenomen, ipotetic, a fost supranumit cu o expresie plastică „dilatarea universului" — deşi nu este clar ce ar trebui să înţelegem prin aceasta, raportat la întregul Cosmos. Ei bine, Sandage a ajuns, pe baza observaţiilor sale, la importanta concluzie că în trecutul îndepărtat, de peste un miliard de ani lumină, galaxiile se îndepărtau cu o viteză mult superioară vitezelor lor actuale. Aşadar, dacă universul se dilată cu adevărat, atunci în orice caz este sigur că acest proces de dilatare se încetinează cu timpul, fiind frînat de efectul gravitaţiei universale.

tatea galaxiilor despre unele surse de radiosemnale cosmice foarte slabe (de o mie de ori mai slabe ca sursa celebră din constelaţia Lebedei), se poate presupune că s-ar găsi la o depărtare de cca. opt miliarde ani lumină. Această cifră este considerată în general ca mult prea exagerată, dar se



Raportul dintre numărul stelelor, care pot fi văzute (A) în lumină obişnuită, (B) în lumină infraroşie şi (C) care pot fi auzite cu radiotelescopul

poate afirma totuşi cu certitudine că printre radiosursele cosmice de intensitate foarte scăzută unele se găsesc dincolo de limita de pătrundere a marelui instrument de pe muntele Palomar. În schimb radiotelescoapele au posibilităţi mult mai reduse de localizare precisă a sursei emitente, avînd

o putere de rezoluție mult redusă. De aceea, stabilirea coordonatelor precise a surselor radiocosmice este o treabă deosebit de dificilă. Probabil că pe cer pot fi auzite mult mai multe stele decît văzute, deși pînă acum au fost precis localizate abia cîteva sute. Iar numărul acelor surse radiocosmice, care au putut fi identificate și ca surse de emisie optică, nu depășește douăzeci, dintre care însă numai jumătate sînt certe.

Radioastronomia nu este doar o metodă pentru cercetarea proprietăților electromagnetice ale Cosmosului, ci totodată o cale nouă pentru clarificarea și rezolvarea unor importante probleme de cosmologie. În această ordine de idei sînt de remarcat rezultatele observațiilor executate și publicate recent de M. Ryle. Ryle a executat un recensămînt al surselor radiocosmice slabe, îndepărtate, și a ajuns în baza statisticii sale la concluzia interesantă că în preajma orizontului radiocosmic — adică în trecutul foarte îndepărtat — densitatea galaxiilor în spațiu depășea cu mult densitatea lor actuală, adică din apropierea noastră. Statisticile lui Ryle nu sînt general acceptate, dar măsurătorile de control executate recent de radioastronomul englez par totuși a reconfirma concluziile sale originale. Dar oricum să fie, cert este că radiotelescoapele — cu care este împînzită astăzi planeta noastră, ascultînd cu stetoscoapele lor fine zgomotele Universului — vor face posibilă clarificarea unor probleme cosmologice despre care nu demult mai credeam, poate, că sînt absolut inaccesibile unor confruntări empirice.

Nu numai prezentul, dar și trecutul devine astfel direct accesibil simțurilor noastre. Previziunea viitorului rămîne însă un privilegiu al rațiunii.

ELECTRONUL CARE CUTREIERĂ COSMOSUL A OSTENIT...

Dar de unde izvorăsc aceste semnale radiocosmice? Care este mecanismul emisiei lor? Datorită lucrărilor fizicianului sovietic Ghinsburg, această problemă poate fi considerată, în linii mari, ca fiind lămurită în esența ei. Străbătînd cîmpurile magnetice cosmice, electronii înzestrați cu energii de sute și mai ales de mii de MeV, rătăcind prin spațiile interstelare, pierd o mare parte din energia lor, sub forma undelor electromagnetice. Cercetările radioastronomice confirmă această teorie, care explică în același timp și un fapt surprinzător, de multă vreme cunoscut: absența aproape totală a electronilor cu energii de milarde de eV, printre particulele cosmice care sosesc pe pămînt. Tocmai acești electroni dotați cu energii uriașe pierd, sub forma radiațiilor electro-magnetice în momentul cînd sînt obligați să-și micșoreze viteza, partea cea mai importantă din energia lor. Apoi, emisiunile acestea haotice de radio îi istovesc în asemenea măsură, încît nu le mai rămîne nici o fărîmă de putere ca să străbată calea lungă pînă la Pămînt.

Desigur, problema originii undelor cosmice de radio nu a fost rezolvată pînă acum în toate amănuntele. Un lucru este însă sigur: undele de radio pot lua naștere și datorită unor condiții complet diferite, fără nici o legătură între ele: temperatura înaltă, procese atomice subtile, care se petrec în hidrogen etc.

În constelația Lebăda, de pildă, se află un post de radio emisie foarte puternic, care emite, pe scara de 1 m. lungime de undă, niște unde de radio de o

putere asemănătoare celor emise de Soare. Cercetătorii au stabilit că aceste unde provin din ciocnirea a două Galaxii situate dincolo de calea noastră Lactee. Evenimentul s-a petrecut cu aproximativ 270 de milioane de ani în urmă, noi însă nu i-am auzit zgomotul decît abia acum, transmis de undele postului cosmic de radioemisie. Profesorul Lovell, directorul centrului de radioastronomie de la Universitatea din Manchester, a înregistrat pe bandă cîntecul de lebădă de acum 270 de milioane de ani, al catastrofei celor două îndepărtate lumi astrale — prezentîndu-l în cadrul unei audiţii, în faţa colegilor săi de la Royal Society of Arts. De atunci au mai fost identificate încă două surse radiocosmice provenite din ciocnirea unor sisteme stelare, una în constelaţia Perseus, cealaltă în constelaţia Centaur. Intensitatea acestora este însă mult redusă faţă de intensitatea sursei din constelaţia Lebăda.

RADIOSEMNALELE SUPERNOVELOR

În anul 1949, Stanley şi Sea au observat că nebuloasa crabului din constelaţia Taurului emite unde radio foarte puternice. Tot ei au observat, în 1952, că în constelaţia Cassiopeia, pe locul supernovei apărută în 1572 — loc în care nu poate fi văzut nici un corp ceresc cu aparatele optice — există de asemenea un post de emisiune cosmic. Se confirmă, prin urmare, că rămăşiţele supernovelor sfărîmate de exploziile cosmice emit unde radio, semnale S.O.S. întîrziate ale catastrofelor astrale.

În ultimul timp, cercetătorii au surprins explozii de supernove şi în numeroase alte căi lactee; de

astă dată, observaţiile au fost făcute direct cu aparate optice. Din 1952 încoace, semnalele radio au confirmat că numeroase formaţiuni cu aspect de ceaţă sînt resturile unor supernove explodate. O teorie a astrofizicianului sovietic I. S. Sklovski, emisă în 1953, a lămurit secretul emisiei radiofonice ale supernovelor.

Supernovele se deosebesc de novele obişnuite în primul rînd prin faptul că explodează toată substanţa din care sînt compuse, pe cînd la nove nu ia foc decît învelişul şi, oricît de mult le-ar slăbi lumina, ele continuă să-şi menţină caracterul de stea, chiar şi după incendiu. Este foarte probabil că aprinderea novelor este un fenomen care se repetă periodic, pe cîtă vreme stelele care fac explozie ca supernove dispar pentru totdeauna. Supernovele îşi pierd caracterul compact de stea şi se prefac în ceaţă, gaz, pulbere şi cenuşă. În consecinţă, ele sînt şterse din catalogul stelelor şi înregistrate în catalogul nebuloaselor cosmice.

Potrivit confirmărilor oferite de datele culese în ultimii ani, cantitatea totală de energie emisă de o supernovă cu ocazia exploziei nu este mai mare decît energia radiată de o stea obişnuită, în care se produce pe cale sintetică heliul din hidrogen. Cu ocazia exploziei unei supernove se eliberează o cantitate de energie de ordinul a 10^{49}—10^{50} erg. Or, am văzut că rezerva totală de energie a Soarelui este tot de ordinul a 10^{50} erg. Deosebirea constă doar în faptul că, întocmai unui gospodar chibzuit, steaua îşi împarte rezervele de energie în aşa fel, încît să-i ajungă pe un timp de zeci de miliarde de ani ; dimpotrivă, supernova îşi prăpădeşte rezervele de energie înmagazinate pentru o viaţă întreagă într-o scurtă, dar splendidă explozie, care atrage asupra ei atenţia întregului Cosmos.



Toate acestea îndreptăţesc ipoteza că supernova este o bombă nucleară, poate chiar o bombă cu hidrogen de proporţii gigantice, care — din motive necunoscute deocamdată — explodează brusc.

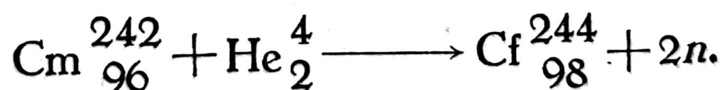
EXPLOZII NUCLEARE ÎN COSMOS
(Californiul şi supernovele de tip I)

Această ipoteză s-a confirmat în bună măsură şi a putut fi verificată, într-un anumit sens, şi prin experienţele pămînteşti. Am pornit, în cartea noastră, de la o întrebare, care nelinişteşte omenirea de atîtea secole: ce arde în Soare? Ce combustibil alimentează Soarele şi stelele cu energie? Răspunsul s-a dat: reacţii nucleare. Despre aceste reacţii nucleare energetice s-a dovedit apoi că joacă un rol esenţial în viaţa Universului, deoarece ele produc ca un fel de produs secundar — elementele chimice. Nucleogeneza elementelor este, aşadar, strîns legată de economia energetică a stelelor, şi în mod implicit de întreaga biografie a stelei în care ea are loc.

În urmărirea arborelui genealogic al elementelor ne-am oprit însă la un moment dat: sinteza elementelor grele a rămas neexplicată. Pentru a le construi este nevoie de procese de sinteză foarte rapide, care necesită energii mari şi în care neutronii liberi joacă rolul esenţial. Am arătat că au fost identificate în stele procese nucleare care produc fluxuri abundente de neutroni liberi şi am pomenit şi de ipoteza lui Hoyle, în virtutea căreia sinteza fierului ar avea loc prin capturi succesive de neutroni cu ocazia exploziei unei supernove. Această ipoteză atribuie deci exploziilor de super-

nove un rol esențial în istoria cosmică a formării tabloului periodic al lui Mendeleev.

O descoperire neașteptată a dat o subită și surprinzătoare întorsătură lucrurilor, provocînd un rapid deznodămînt. În 1956, Fowler, soții Burbidge, Hoyle și Chrysty au arătat că, într-un anumit tip deosebit al supernovelor (supernove de tip-I), trebuie să se producă în prezent izotopul de masă 254 al elementului transuranic, californiul, care ocupă al 98-lea loc în tabloul lui Mendeleev (Cf^{254}_{98}). Californiul a fost produs pe cale artificială întîi în 1950 de Seaborg, la Berkeley, în California. Prima cantitate de californiu ce s-a obținut n-avea mai mult de 10 000 de atomi. Identificarea acestui nou element poate fi considerat ca un adevărat triumf al analizei chimice moderne. Separarea californiului s-a făcut cu ajutorul metodei cromatografice, ale cărei baze au fost puse încă în 1903 de biochimistul M. S. Țvet. În laboratorul de radiații de la Berkeley, californiul a fost obținut prin bombardarea unui element transuranic din căsuța nr. 96 a tabloului periodic, Curiul 242 (Cm^{242}_{96}), cu particule alfa, dotate cu o energie de 35 MeV. S-a obținut izotopul 244 al californiului — eliberîndu-se totodată doi neutroni.



$$Cm^{242}_{96} + He^{4}_{2} \longrightarrow Cf^{244}_{98} + 2n.$$

Analizînd rezultatele exploziei nucleare experimentale, care a avut loc pe insula Bikini, în noiembrie 1952, s-a stabilit că în timpul exploziei a luat naștere izotopul-254 al californiului. Fields a arătat, în 1956, că elementul californiu a luat naștere aici prin captarea succesivă a 16 neutroni rapizi de către izotopul 238 al uraniului. Nucleul izotopului 254 al californiului este instabil și se dezintegrează prin

fisiune spontană, cu un timp de înjumătățire de cca. 55 de zile. Prin fisiunea unui nucleu de Cf^{254} se eliberează o cantitate de energie de 200 MeV (cam tot atît se eliberează la fisiunea uraniului 235). Baade a observat încă în 1945 că supernovele de tip I arată toate o proeminentă regularitate în ritmul scăderii luminozității. El a arătat, anume, că intensitatea luminii emisă de aceste supernove scade la jumătate tocmai în 55 de zile. Aceasta părea mult timp o regularitate de-a dreptul misterioasă. În 1950, Borst s-a gîndit deja la posibilitatea ca fenomenul amintit să fie provocat de o dezintegrare radioactivă. El s-a gîndit la izotopul Be^{7}_{4} al beriliului, care se dezintegrează prin captare de electroni-K și are un timp de înjumătățire de 53-54 zile — sau la izotopul Sr^{89}_{38} al Stronțiului, care se dezintegrează prin emisie de electroni și are de asemenea un timp de înjumătățire de cca. 55 de zile.

O supernovă de tip I risipește cu ocazia exploziei, o cantitate de energie de ordinul a 10^{47} erg (spre comparație: rezerva totală de energie a Soarelui este de cca. 1 000 de ori mai mare, adică de ordinul 10^{50} erg.) Pentru a produce această cantitate de energie ar fi nevoie ca să se dezintegreze o cantitate de 10^{31} gr de beriliu, ceea ce echivalează cu cca. a suta parte din masa Soarelui. Însă argumente de altă natură se ridică împotriva acestei ipoteze. Beriliul-7, dezintegrîndu-se, se transformă în litiu-7, și dacă explozia supernovelor de tip I ar fi întreținută de dezintegrarea unei cantități de 10^{31} gr a beriliului-7, atunci frecvența litiului în Cosmos ar trebui să fie cel puțin de 100 de ori mai mare decît cea observată. Argumente analoage pot fi aduse și împotriva unei explozii ale supernovei pe baza dezintegrării stronțiului. Acesta se transformă în

ittriu-89 $\left(Y_{39}^{89}\right)$; or frecvenţa cosmică a acestui element este de asemenea infimă pe lîngă valoarea pe care ar trebui s-o aibă dacă ar fi produsă în supernovele de tip I.

Californiul-254 nu pune nici un fel de probleme asemănătoare beriliului sau stronţiului. Pentru a produce o cantitate de energie de 10^{47} erg, cît se risipeşte prin explozia unei supernove de tip I, este nevoie de fisionarea a 10^{29} gr (a zecea mia parte din masa Soarelui) de californiu-254. Frecvenţa răspîndirii cosmice a elementelor este în concordanţă cu calculele făcute pe baza ipotezei fisiunii californiului. Fowler a emis şi ipoteza că elementul californiu se formează prin sinteză cu neutroni rapizi la începutul exploziei supernovei, „fără a lua în seamă extremul nostru provincialism (Fowler este profesor de fizică la Institutul Tehnologic din California — n.n.) — credem că californiul se formează în explozia supernovelor", observa în mod glumeţ Fowler.

În articolul lui Temesvary, din iunie 1957 (citat mai sus), sînt expuse ipotezele cu privire la mecanismul apariţiei californiului în supernove. Temesvary explică sinteza californiului nu pornind de la uraniul-238, ci de la fier, care s-ar forma, conform ipotezei lui Hoyle, tot în supernove.

Oricare ar fi cauza, încă necunoscută, care amorsează explozia supernovelor, cert este că acest fenomen este legat de o ridicare însemnată a temperaturii astrului. La temperatura de peste 100 de milioane de grade porneşte reacţia de transformare a neonului-20. Cu această reacţie am făcut cunoştinţă mai sus şi am văzut că ea produce în abundenţă neutroni liberi. Neonul-20 fuzionează cu un proton rapid, transformîndu-se în natriu-21. Devine liberă energia, temperatura se ridică. Natriul-21 este instabil şi în cca. 23 secunde se transformă în

izotopul neon-21. Dacă între timp temperatura se ridică la un miliard de grade, atunci, fuzionînd cu particule alfa, toată cantitatea de neon-21 se transformă în magneziu 24 în cca. 1 secundă, eliberînd cîte un neutron pe nucleu. Fierul prezent în urma exploziei este, cu excepţia azotului-14, cel mai avid de neutroni dintre toate elementele mai uşoare ca el — şi fără îndoială că el reuşeşte să înghită practic în întregime tot fluxul de neutroni. Concurenţa azotului-14 se elimină, deoarece acesta înghiţind un neutron se transformă într-un nucleu instabil de carbon-14 şi un nucleu de hidrogen; printr-o emisie de electroni C^{14} se transformă însă din nou în azot-14, aşa că acest element se regenerează. Da, dar acest proces de regenerare a azotului-14 e foarte lent: durează mai mult de 5 ani, aşa că un nucleu de azot **nu** ajunge să consume mai mult de un neutron, căci captarea neutronilor de către nucleul de fier are loc într-un ritm atît de rapid, încît sinteza californiului se termină încă înainte ca azotul să fi reînviat. Nucleul de fier are suficient timp pentru a înghiţi atîţi neutroni cîţi poate. Însă aceasta are o limită superioară, care apare atunci cînd numărul neutronilor din nucleu devine egal cu cca. 0,7 din masa atomică a nucleului. Dacă această limită a fost atinsă, trebuie să urmeze o dezintegrare beta, pentru ca să poată fi consumaţi noi neutroni. La asemenea nuclee bogate în neutroni, dezintegrarea beta este de ordinul unei zecimi de secundă, aşa că în cca. 7 secunde sinteza californiului-254 s-a terminat. Se cunoaşte viteza de explozie a supernovelor: ea este de cca. 1 000 km/sec. Dacă raza stelei este de 10^{10}—10^{11} cm (raza globului solar este de cca. 7.10^{10} cm), atunci explozia durează 10—100 secunde, aşa că este suficient timp la dispoziţie pentru nucleogeneza californiului.

După ipoteza lui Temesvary, californiul reprezintă cca. 10% din produsele rezultate pe urma cap-

tării neutronilor de către fier, iar timpul de înjumătățire care caracterizează dezintegrarea acestora este foarte diferit de timpul de înjumătățire al fisiunii californiului, așa încît nici un alt produs al nucleogenezei fierului nu poate explica timpul de înjumătățire de 55 de zile al luminozității supernovei. În fine, Temesvary explică de ce numai supernovele de tip I și nu și cele de tip II posedă acest caracteristic și constant timp de înjumătățire. El presupune că în supernovele de tip I frecvența hidrogenului, a heliului, a carbonului-12, a oxigenului-16, a neonului-20, este aproximativ aceeași, iar frecvența fierului-56 este de o mie de ori mai scăzută. Dacă frecvența hidrogenului ar depăși în mod vizibil frecvența celorlalte elemente, atunci ar apărea reacții nucleare care ar împiedica sinteza californiului. Deoarece fierul trebuie să capteze un număr mare de neutroni, el trebuie să fie mai puțin frecvent decît elementele care produc neutronii.

Așadar, sinteza californiului se poate realiza în virtutea acestei ipoteze numai în asemenea stele care și-au consumat o parte din rezervele lor de hidrogen. Supernovele de tip I sînt deci, conform celor de mai sus, uriașe bombe atomice, în care materialul fisibil, explozivul, este californiul-254. Supernovele de tip II dispun de un conținut abundent în hidrogen. Viteza exploziei acestora este mult superioară vitezei de explozie a supernovelor de tip I și de aceea, în prima fază a exploziei, se realizează și temperaturi mult mai ridicate. Nu este exclus ca explozibilul principal al supernovelor de tip II să fie, ca și al bombelor H, tocmai hidrogenul.

Aceste raționamente confirmă ipoteza lui Fowler, deși analiza spectrală nu a reușit să identifice pînă acum californiul în atmosfera supernovelor.

Este, așadar, posibil ca în urma unor captări rapide de neutroni să se formeze în stele elemente grele. Seria elementelor stabile mai ușoare poate

apărea apoi parţial şi în urma succesivelor dezintegrări radioactive.

Este interesant de observat că genealogia istorică a elementelor nu coincide cu ordinea lor logică din tabloul lui Mendeleev. Am putea exprima această discordanţă şi aşa: ordinea istorică a formării elementelor nu coincide cu ordinea lor logică reprezentată de tabloul lui Mendeleev. În natură, elemente cu un număr de ordine mai mare s-au format sărind peste multe cu un număr de ordin mai mic. Construirea elementelor prin nucleogeneza naturală nu a urcat deci în mod succesiv toate treptele scării aritmetice. Totuşi este remarcabil că începutul drumului istoric coincide cu începutul drumului logic: hidrogenul şi heliul sînt primii paşi pe ambele căi, aşa cum a prevăzut acum 150 de ani geniala intuiţie a lui Prout.

SINTEZA ELEMENTELOR GRELE CU AJUTORUL CICLOTROANELOR COSMICE

În fine, trebuie să amintim că mai există probabil şi alte căi ale sintezei elementelor grele. Am pomenit mai sus, cînd era vorba de accelerarea particulelor cosmice, de existenţa unor cîmpuri magnetice variabile în spaţiile interastrale. Dar există şi stele magnetice, cunoscute de mult, numite stele-A speciale (peculiar A—Stars). Ele prezintă o concentrare de elemente mai grele — stronţiu, ytriu, zirconiu — de 10-25 ori superioară frecvenţei normale din celelalte stele. În unele cazuri s-a putut observa şi prezenţa abundentă a plumbului. Toate acestea îndreptăţesc presupunerea unui efect ciclotronic stelar care, împreună cu captări succe-

sive de neutroni, ar duce la formarea elementelor grele uranice, poate chiar transuranice. Elementele grele stabile s-ar forma prin fisiuni și dezintegrări succesive. Abundența plumbului în unele stele magnetice, elementul ultim, stabil, al lanțurilor de dezintegrare radioactive, pledează în favoarea acestei ipoteze. Este foarte probabil că în Cosmos se petrece în permanență un proces continuu de formare a elementelor grele în cadrul unor fenomene diferite de reacțiile termonucleare cu caracter excepțional din supernove. Prof. L. E. Gurevici a prezentat, în 1954, o teorie foarte atrăgătoare pentru explicarea genezei cosmice a elementelor chimice. Conform acestei teorii, în cîmpul electromagnetic care apare în urma rotației galaxiilor — protonii sînt accelerați atît de puternic, încît se unesc dînd naștere nucleului de deuteriu. Deutronii fuzionează la rîndul lor din nou, dînd naștere heliului-4 și litiului-6. Teoria lui Gurevici explică, mai departe, formarea elementelor grele prin procese complexe, ce au loc în mediul difuz al spațiilor interstelare sau chiar intragalactice.

În fine, există încercări teoretice de a explica geneza elementelor chimice în condițiile echilibrului termodinamic. Necesitatea rezolvării problemei genezei elementelor în condițiile echilibrului termodinamic a fost accentuată încă în 1931, de G. I. Pokrovski. Ideea sa a fost precizată ulterior, pe baze matematice, în lucrările lui L. Farkas, P. Harteck, T. Sterne. Între anii 1942 și 1947, Chandrashekar, Albada, Klein, Beskov și alții au elaborat în acest cadru scheme teoretice concrete ale formării elementelor ușoare și grele. Într-o serie de lucrări, elaborate în 1940—1941, V. V. Cerdînțev a construit o teorie cu privire la formarea elementelor în condițiile echilibrului termodinamic — într-un mediu de neutroni. În 1949 o teorie analoagă a fost elaborată de Teller și Mayer. Teoria lui Cerdînțev —

deşi mai are o serie de detalii insuficient susţinute — este totuşi în concordanţă cu cîteva din cele mai importante date cu privire la răspîndirea elementelor chimice în Cosmos, date inexplicabile în cadrul celorlalte teorii.

MOARTEA TERMICĂ ŞI CEVA CE I SE ÎMPOTRIVEŞTE

Toate aceste fenomene noi ne dau posibilitatea să pătrundem mai adînc în viaţa Universului şi ne îndreptăţesc să punem din nou în discuţie teoria mai veche despre moartea termică a Universului. Teoria aceasta are la bază principiul al doilea al termodinamicei, potrivit căruia, într-un sistem de corpuri, izolat de orice surse exterioare de căldură (de pildă, într-un vas umplut cu lichide de temperaturi diferite), diferitele temperaturi se nivelează, procesul acesta fiind **ireversibil**; adică este imposibil ca temperaturile corpurilor să revină din nou, fără vreo intervenţie externă, la nivelul iniţial. Potrivit acestui principiu de bază al termodinamicii, este imposibil ca, de pildă, amestecînd un litru de apă care are o temperatură de 90° C cu un litru de apă care are o temperatură de numai 10° C., aceasta din urmă să-i împrumute căldura sa celei dintîi, ridicîndu-i temperatura de la 90° C la 100° C, şi să se răcească în acelaşi timp pînă la temperatura de 0° C.

Pornind de la acest principiu, s-a încercat încă din secolul trecut extinderea lui, de la cazul limitat al unui vas închis, la întregul Univers. Aşa s-a ajuns la concepţia că Universul se răceşte treptat, că diferitele temperaturi din cuprinsul lui se nive-

lează, iar după un anumit timp se va stabili echilibrul definitiv. Universul se va răci complet, și astfel va începe perioada nesfîrșită a imobilității veșnice, pentru că nu mai rămîne nici o speranță ca vreuna din părțile Universului să poată strica acest echilibru atît de stabil, atît de încremenit. Ni s-a proiectat în față imaginea cadavrului Universului și ni s-a răpit orice nădejde ca acesta să-și mai recapete vreodată viața.

Încă de la început s-a ridicat obiecția că teoria despre răcirea Universului concepe Universul ca pe un sistem finit, închis. Caracterul legitim al unei asemenea concepții este însă foarte discutabil, deoarece cunoștințele noastre despre Univers ca întreg, ca tot, sînt încă extrem de sărace și nu ne îndreptățesc să considerăm Cosmosul ca un obișnuit sistem termodinamic închis.

Un al doilea semn de întrebare cu privire la valabilitatea ipotezei despre moartea termică a Universului l-a constituit obiecția că cel de-al doilea principiu al termodinamicii are un caracter probabilistic. Mai sus, noi am folosit expresii categorice: imposibil, niciodată. Dar ar fi fost mai corect să fi folosit expresii mai puțin categorice, pentru că nu e **sigur**, ci numai **probabil** că temperatura celor doi litri de apă cu temperaturi diferite se nivelează dacă le amestecăm. Rămîne în picioare și eventualitatea ca una din cele două mase de apă să înghețe, iar cealaltă să înceapă să fiarbă. Desigur, așa ceva n-a văzut încă nimeni, dar — de vreme ce legea amintită a termodinamicii n-are decît o valoare de probabilitate — presupunerea de mai sus nu este cu desăvîrșire exclusă. Ce-i drept însă, probabilitatea aceasta este extrem de redusă; potrivit calculelor, din 10^{20} de cazuri abia dacă s-ar produce o dată. Aceasta înseamnă că, dacă s-ar executa amestecul de mai sus în fiecare secundă, tot nu i-ar veni rîndul cazului paradoxal, amintit,

decît o dată la cca. 3 000 de miliarde de ani (vîrsta sistemului nostru solar nu depășește 5 miliarde de ani). Iată de ce, în asemenea împrejurări, putem totuși să ne folosim de noțiuni care prezintă certitudini practice. Dar, chiar din punct de vedere lingvistic ne este îngăduită o asemenea formulare — probabilitatea amintită rămîne totuși în picioare, căci, în definitiv, în raport cu veșnicia, miliardele de ani nu mai înseamnează nici ele decît o clipă.

Prin urmare, concluzia de mai înainte trebuie să fie modificată; Universul se va răci poate, dar soarta lui nu va fi atît de desperată, deoarece rămîne totuși o oarecare doză de probabilitate, că odată și odată starea de echilibru se va strica undeva, și atunci, într-o celulă oarecare a Universului, viața va începe să pulseze din nou și de acolo va cuprinde iar întreg trupul, pînă cînd, în cele din urmă, își va veni din nou în fire întregul cosmos. Toate aceste obiecții au putut fi făcute încă cu decenii în urmă.

Acum însă, după ce procesele nucleare care au loc în Cosmos ne sînt cunoscute mai în amănunt, toate aceste incertitudini vagi capătă într-o oarecare măsură un reazim material mai sigur. Transformarea electronului și a protonului în fotoni gama, iar a fotonilor în electroni și protoni se aseamănă cu transformarea fluturelui în omidă și a acesteia din nou în fluture. Această metamorfoză ar face cu putință ca razele gama „reci" să se transforme din nou în electroni și protoni „calzi", căci ceea ce simțurile noastre percep sub diferite forme drept căldură nu este decît rezultatul mișcărilor mecanice neregulate ale corpusculelor.

Desigur, această idee trebuie privită cu multă prudență, deoarece deocamdată lipsesc orice fel de date certe că metamorfoza cosmică se desfășoară în ambele direcții în aceeași măsură, întocmai ca în lumea fluturilor. Această posibilitate rămîne însă

în picioare, și chiar dacă n-am opera în această problemă decît cu probabilități, un lucru e totuși sigur: că cercetarea concretă a fenomenelor nucleare din Cosmos, începută în vremea noastră, ne obligă să nu considerăm Universul ca o cratiță uriașă, al cărui conținut se răcește în mod inevitabil, după ce a fost încălzit — ci ca un laborator atomic complicat, în interiorul căruia se desfășoară și procese nucleare care nu este exclus că se împotrivesc (deocamdată în mic) răcirii definitive a Universului. Nu este exclus că extins în timp și în spațiu asupra întregului Cosmos — din aceste fenomene nucleare va rezulta probabil ceva, care va face principial imposibilă o încremenire mortală a Universului.

La început, concepția noastră despre Cosmos s-a bazat doar pe ceea ce era direct accesibil ochiului. Deformată de legile perspectivei, această imagine era pur geometrică, statică și iraționalistă. Apoi, — în urma revoluției științifice legată de numele lui Copernic, Galilei, Kepler și Newton — ea a devenit dinamică și mecanică. Fizicienii secolului trecut priveau Cosmosul ca un uriaș sistem termodinamic. În fine, în ultimele decenii s-a dovedit că viața intimă a Cosmosului (ceea ce s-ar putea numi fiziologia cosmosului) este dirijată, pe lîngă forțele gravitaționale, de fenomenele din interiorul nucleului atomic. În cazul primelor trei concepții cosmologice, cea nouă a depășit mereu pe cea veche, într-un sens profund dialectic: concepția nouă a păstrat detaliile verificate ale concepției vechi; i-a răpit numai dreptul de a-și revendica explicația supremă a structurii și evoluției Universului. Kepler a păstrat datele de observație ale lui Tycho Brahe, pe baza cărora astronomul danez a construit sistemul său în esență încă perspectivist; concepția termodinamică nu a negat existența legilor mecanicii cerești, dar a considerat că acestea sînt subordonate în importanță legilor care rezultă din mișcarea

haotică a moleculelor. Acum este foarte posibil ca toate aceste fenomene împreună să joace un rol subordonat analog, într-o cosmogonie de esenţă nucleară. Fenomenele termodinamice se vor încadra în mod organic în această cosmogonie nucleară, dar este posibil ca extensiunea explicaţiei termodinamice asupra întregului Univers să sufere corecţii şi modificări esenţiale. Şi una din limitaţiile restrictive introduse de cosmogonia nucleară se va manifesta, probabil, în înlăturarea supremaţiei legii entropiei din determinarea evoluţiei Cosmosului. Entropia va fi privită atunci ca o tendinţă fundamentală a fenomenelor cosmice la nivelul macroscopic, cărora li se opun însă fenomene din adîncul microcosmului, fenomene care se manifestă şi pe plan macrocosmic, împiedicînd ca entropia să tindă în mod necesar către maxim.

În celebrele sale prelegeri despre radioactivitate ţinute în 1908 la Glasgow — profesorul Soddy a expus în esenţă această idee. „Explicaţia cea mai atrăgătoare şi cea mai unitară a Universului bazată pe cunoştinţele noastre de astăzi este, poate, aceea că în cursul unui singur ciclu materia se dezintegrează, în timp ce energia se eliberează şi se degradează — iar într-un alt compartiment al ciclului necunoscut deocamdată pentru noi, materia se reînnoieşte, utilizînd în acest scop energia pierdută în procesul anterior". Intr-o lucrare de a sa, apărută în 1946, Jean Perrin a exprimat, cu multă energie, aceeaşi convingere.

Uroburos — balaurul care-şi mînca propria coadă, simbolul străvechi al veşnicei reînnoiri din propriile puteri consumate şi iarăşi refăcute, în care alchimiştii Evului mediu vedeau simbolul materiei — şi-a redobîndit astfel într-o nouă lumină vechea semnificaţie. Şi celebrele cuvinte ale lui

Nicolaus Cusanus, rostite acum mai bine de cinci secole — „putem concepe lumea ca finită sau ca infinită, dar nu ca terminată" — s-ar găsi astfel reconfirmate.

O SPIRALĂ INFINITĂ

Omul a realizat pe Pămînt soarele şi stelele artificiale, iar natura a realizat bomba atomică şi cu hidrogen în Cosmos.

Să fie oare adevărat că totul se preface iar în ţărîna din care a fost plămădit? Iată o întrebare pasionantă în legătură cu viaţa şi evoluţia Universului şi la lămurirea căreia cîteva din descoperirile interesante din ultimii ani par să aducă lumini noi.

În urma exploziei, supernovele îşi varsă conţinutul în spaţiul cosmic. De altfel, nu numai supernovele şi novele obişnuite, dar şi alte stele, chiar şi Soarele nostru alimentează în permanenţă mediul material haotic din spaţiul interstelar. Însă azi ştim în mod cert că are loc şi fenomenul opus. De o importanţă capitală au fost în acest sens observaţiile şi lucrările lui Fesenkov şi ale lui Ambarţumian, de la Academia de Ştiinţe a U.R.S.S., care au demonstrat, în 1951, că din mediul material difuz iau naştere şi „în prezent" (adică abia de cîteva milioane de ani) stele noi, adevărate stele noi (asociaţii de stele de tip OB).

Toate datele ştiinţei converg tot mai mult spre aceeaşi concluzie, pe care, pe scurt, o putem formula astfel: Universul are o istorie a sa. Cosmosul evoluează şi această evoluţie este ireversibilă. Asemenea proceselor permanent repetate din orga-

nismul viu, există şi în Cosmos procese parţiale reversibile. Unele stele se sting, altele se nasc şi se aprind. Lumi cereşti uriaşe fac explozie şi se prăbuşesc din nou în genuna cosmică, iar din genune apar iar alte lumi astrale. Dar, întocmai ca un organism viu, toată această mişcare circulară lasă totuşi în urma ei ceva neschimbat, ceva care nu se mai diferenţiază, care nu se mai desface iar în părţile sale componente. Universul ca întreg nu se repetă pe sine însuşi; întreg universul nu se mai întoarce niciodată la starea pe care a avut-o cu milioane de ani în urmă. Comparaţia pe care am făcut-o cu organismul viu este, bineînţeles, unilaterală. Organismul viu moare. A vorbi despre moartea Cosmosului ni se pare o absurditate. Organismul animal viu este însă o parte a Cosmosului. Naşterea şi moartea organismului viu reprezintă, desigur, şi ele un proces ireversibil al Cosmosului. Judecînd lucrurile în perspectiva Cosmosului, moartea organismului viu constituie o mică verigă din viaţa Universului. Moartea lui devine, de fapt, o fărîmă a vieţii Cosmosului. Tocmai de aceea sîntem obligaţi să limităm sfera valabilităţii comparaţiei pe care am făcut-o.

Fireşte, faptul că Universul, natura, trăieşte, nu vine cîtuşi de puţin în sprijinul concepţiei despre moartea termică. E drept însă că ipoteza morţii termice implică şi ea ireversibilitatea vieţii Cosmosului. Dar, toate acestea nu înseamnă de loc că ireversibilitatea se manifestă în direcţia nivelării energiilor. Nu este de loc exclusă o evoluţie ireversibilă a Cosmosului, dar care duce totuşi la nivelarea necesară, defintivă şi eternă a diferenţelor de temperatură.

Evoluţia Universului poate fi comparată nu cu un cerc închis, care revine mereu la el însuşi, ci cu o spirală deschisă şi infinită, care se lărgeşte necontenit. Este cert că Universul îşi are istoria sa.

Dar este cu totul remarcabil faptul că istoria macrocosmului se împletește atît de strîns și se confundă în parte cu istoria microcosmului; că o parte din genealogia stelelor se încadrează în biografia elementelor chimice.

Numai cu o sută de ani în urmă, unii oameni se temeau că viața de pe globul pămîntesc va înceta, pentru că se va stinge Soarele, și o dată cu el se va prăbuși și Pămîntul în întunericul veșniciei. După descoperirea supernovelor, cei care prevesteau că se apropie ceasul judecății de apoi au început să se teamă că într-o bună zi s-ar putea să facă explozie și Soarele și atunci omenirea ar pieri, mistuită în văpăile focului cosmic. Ipoteza aceasta este însă foarte puțin probabilă, dacă nu chiar practic exclusă. De aceea, deocamdată n-avem de ce să ne temem: cavalerii apocalipsului cosmic — nici al celui rece, nici al celui cald — nu amenință planeta noastră. Forțele naturii manifestă bunăvoință față de omenire — ceea ce nu se poate afirma despre toate forțele sociale...

SUPERNOVE, RADIOASTRONOMIE ȘI RADIAȚIE COSMICĂ

În schimb însă, studierea supernovelor a dus și va duce încă la clarificarea multor taine, rămase mult timp nedezlegate, printre care, nu în ultimul rînd, a razelor cosmice.

Căci se pare că această uriașă explozie atomică, din îndepărtatele lumi stelare, este izvorul cel mai puternic al radiațiilor cosmice. Contribuția esen-

țială în lămurirea acestei probleme aparține radioastronomiei și în special teoriei amintite a lui Ghinsburg și Sklovski.

Radiațiile radiofonice foarte puternice, provenite din cenușa cerească a supernovelor, ne îngăduie să tragem concluzia că în urma exploziei stelelor electronii dobîndesc energii considerabile. Străbătînd un cîmp magnetic, electronii cedează o parte din energia lor, emițînd unde electromagnetice cu o mare putere de pătrundere. Cercetările foarte minuțioase, făcute în 1954 de astronomi sovietici și în 1955 de astronomi olandezi, au confirmat că în nebuloasa crabului, provenită din rămășițele supernovei observată de astronomii chinezi, acționează un cîmp magnetic foarte puternic. Aceasta, precum și celelalte corpuri cerești asemănătoare, funcționează ca niște gigantice sincrotroane create de natură și accelerează electronii, nucleele atomice, protonii, nucleele de heliu etc., ce apar în timpul exploziei supernovei, transmițîndu-le energii uriașe. Lumina emisă de nebuloasa crabului — precum a arătat-o Sklovski — arată aceleași particularități fizice ca și lumina emisă de electronii de mare viteză care suferă acțiunea de deviere a puternicelor cîmpuri electromagnetice create în uriașele acceleratoare pămîntești. Lumina specifică, emisă de nebuloasa crabului, ar fi deci o naturală „lumină sincrotronică" produsă de puternicele cîmpuri magnetice ale nebuloasei. Nu de mult Baade a identificat în constelația Fecioara o puternică sursă de „lumină sincrotronică". Dacă și aceasta a apărut în urma unei explozii stelare, atunci trebuia să fie vorba de una din cele mai gigantice explozii din univers, căci lumina sincrotronică din Fecioara a trebuit să apară în urma exploziei unei stele de cel puțin o sută de mii de ori mai mare ca Soarele nostru. Calculele lui Sklovski au arătat de altfel că exploziile supernovei explică foarte bine

cantitatea, precum şi energiile uriaşe ale particulelor cosmice ajunse pe Pămînt. După calculele astrofizicianului sovietic, protonii şi celelalte nuclee pot dobîndi în timpul exploziei supernovei energii de ordinul 10^{17}—10^{18} MeV.

Iată dar că în macrocosm funcţionează cosmotroane naturale, alimentate cu particule energice de către explozia atomică a supernovelor ; iar cîmpul lor magnetic se întinde peste spaţiile interastrale nemărginite. Bomba atomică şi cu hidrogen făcută de om nu a adus nimic bun omenirii. Dar supernovele — aceste bombe atomice şi poate cu hidrogen din Cosmos — lucrează în favoarea noastră : ne ajută să cunoaştem secretele naturii şi să subjugăm forţele ei oarbe. *

Dar îndepărtatele spaţii interastrale nu sînt singurele izvoare ale razelor cosmice ; în zilele de mare activitate solară, în perioadele de erupţii ale substanţei solare, radiaţia cosmică devine mai intensă. Aşa, de pildă, cu ocazia ultimei erupţii de la 23 februarie 1956, s-a constatat că la numai cîteva minute după începerea erupţiei radiaţia cosmică s-a înteţit. Astfel, staţia de înregistrare care funcţionează la Göttingen a observat că la ora astronomică $3^h45''$, intensitatea şuvoiului cosmic de neutroni a făcut un salt brusc, devenind de 22 de ori mai abundent decît cea normală şi nu a revenit la media veche decît după 13 ore.

---

* Acum trei sute de ani — după cum ne relatează un martor contemporan, demn de încredere — stelele noi mai jucau şi un alt rol, nu mai puţin progresist şi favorabil omenirii. „Pot fi observate pe cer stele noi, a căror apariţie nu a mai fost văzută în alte vremuri... Adesea însemnează acestea Moartea sau decăderea celor Mari şi înălţarea celor mici, alungarea Monarhilor de pe Tron, trecerea lor de pe o zi pe alta, din fericire în mizerie ; Dominaţiei îi urmează sclavia, purpura este schimbată cu zdrenţe, coborînd din palat în temniţă ; sceptrul cade din mînă şi piciorul este legat de lanţuri..." (Agostino Maccari, **Segreti Astrologici celesti e terrestri,** Veneţia, 1681.)

Din totalul particulelor care ajung pe Pămînt pe calea radiației cosmice, numai 1—2% provin din Soare, încît este foarte posibil ca supernovele să aibă un rol esențial în formarea radiației cosmice care ajunge la noi.

Faptul acesta este confirmat de următoarea împrejurare: în 1955, fizicienii japonezi au observat că din zona nebuloasei Crabului ori poate chiar din această nebuloasă ne vine o radiație cosmică de o energie foarte mare.

Dacă razele cosmice sînt emise de anumite puncte, bine stabilite, ale boltei cerești, cum se face că ele ajung la noi din toate direcțiile? Împrejurarea aceasta a fost explicată convingător de Alfvén, astfel: în peregrinarea lor de milioane de ani, particulele cosmice trec pe lîngă tot felul de nori magnetici, se ciocnesc cu ei, îi străbat etc. În acest adevărat laborator cosmic, drumul lor se abate mereu în altă parte, se frînge, devine sinuos, încît nu este exclus ca pînă și particulele emise de aceeași sursă să ajungă pe Pămînt pe căi întortocheate, venind din direcții opuse.

OMUL ÎNVINGE

La fel de întortocheat a fost, poate, și drumul pe care l-am purtat pe cititor pînă să ajungem aici. Drumul acesta oglindește însă destul de fidel calea întortocheată, rapsodică, aventuroasă și complicată străbătută de mintea omenească, de-a lungul grandioasei și dramaticei istorii a cunoașterii lumii.

Cuvîntul „atom" nu a fost rostit pentru prima dată de oamenii secolului nostru. Au trecut douăzeci și cinci de veacuri de cînd Democrit din

Abdera le vorbea discipolilor săi despre indivizibil și despre vid. Ca tînăr bărbat, poate nu a lipsit nici el din rîndurile publicului care urmărea la teatru reprezentația „Antigonei", ascultînd oda prin care corul proslăvea măreția omului. „Omul, care-și bazează viața pe gîndire, a supus prin istețimea sa animalele munților și cîmpurilor, punînd la jug taurii neostoiți și caii cu coama în vînt". Pe vremea aceea însă, nici Sofocle și nici învățatul din Abdera nu puteau prevedea ce va fi omul în stare să facă din infimul atom inaccesibil ochiului liber.

Încetul cu încetul, atomii și stelele se supun omului, dezvăluindu-i tainele. Și omul, care-și bazează viața pe rațiune, îmblînzește și înjugă la carul său pînă și această temută fiară a microcosmului. Omul e cutezător și puternic. Omul învinge.

BIBLIOGRAFIE

Materialul informativ cu privire la evenimentele științifice recente se bazează pe știri și lucrări publicate între 1955—1957, în următoarele reviste :

ATOMES
ATOMICS AND NUCLEAR ENERGY
ATOMNAIA ENERGHIA
BULETIN OF THE ATOMIC SCIENTISTS
ENDEAVOUR
ÉNERGIE NUCLÉAIRE
INFORMATIONS UNESCO
JOURNAL OF APPLIED PHYSICS
NAUKA I JIZNÎ
LA NATURE
NATURE
NATURWISSENSCHAFTEN (die...)
NUCLEAR INSTRUMENTS
NUCLEONICS
PRIRODA
REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES
SCIENCE
SCIENTIFIC MONTHLY
SCIENTIFIC AMERICAN
SKY AND TELESCOPE
TECHNIKA MOLODIOJI
ZNANIE SILA

CUPRINSUL

Redactor de carte: P. Dudcovschi
Tehnoredactor: Guluţă C-tin
Corector: Iosup B.

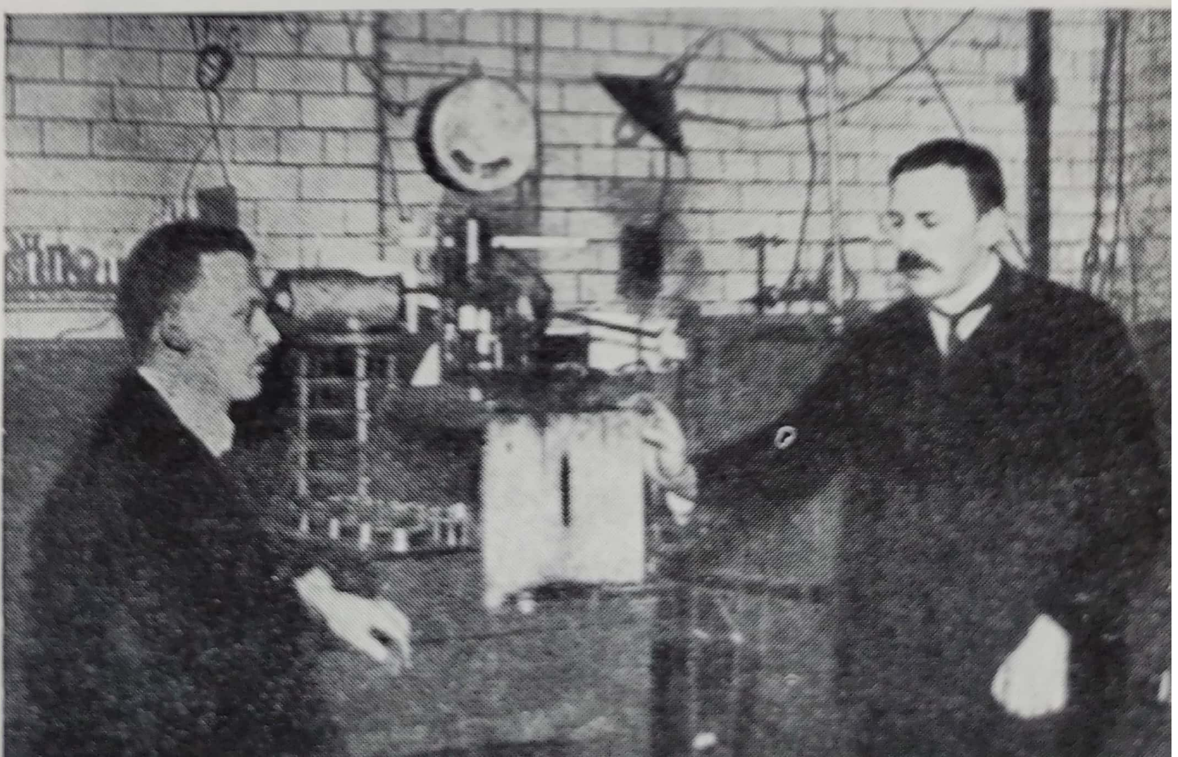
Dat la cules 2.VII.1958. Bun de tipar 18.IX.1958. Tiraj 10.150. Hîrtie cărţi şcolare de 65 g/m. m. p. Coli de tipar 14,25. Coli de editură 11,8. Ft.32/84×108. Com. editurii 2904. Ediţie I. 16 planşe tipo. A. 05470. Pentru bibliotecile mici indicele de clasificare 521 (A). R.

Tiparul executat sub comanda Nr. 1902, la Intreprinderea Poligrafică Nr. 1, str. Gr. Alexandrescu Nr. 93—95, Bucureşti, — R. P. R.



Max Planck

Rutherford *(dreapta)* şi Geiger *(stînga)*





Albert Einstein

La Prima Conferință Internațională pentru aplicarea Energiei Atomice în scopuri pașnice *(Geneva, august, 1955)*

De la stînga la dreapta: Francis Perrin *(Franța)*, I. I. Rabi *(S.U.A.)*, H. J. Bhabha *(India)*, D. V. Skobelțîn *(U.R.S.S.)*, John Cockroft *(Marea Britanie)*

Jean Perrin *(stînga)* și Paul Langevin *(dreapta)*

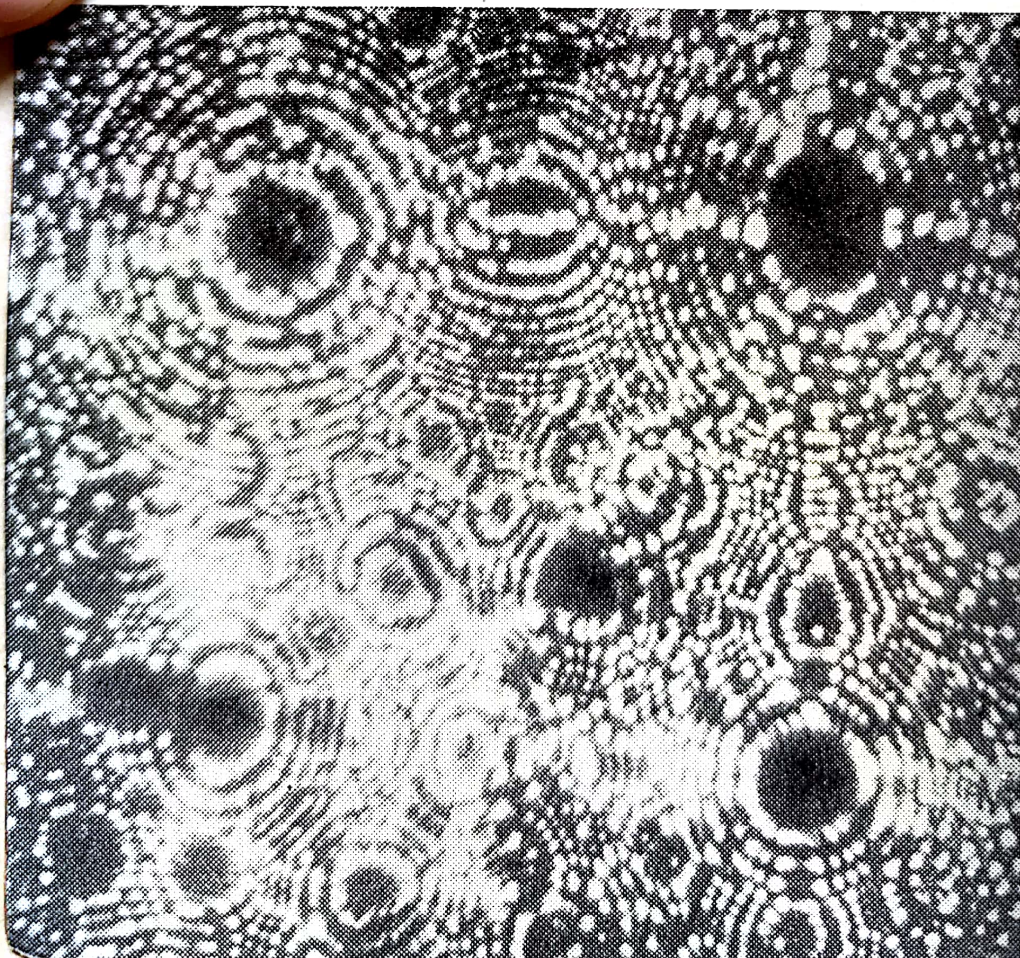


Cer înstelat. O porţiune din constelaţia Corona Borealis văzută cu telescopul de pe muntele Palomar



Atomii unui vîrf de tungsten, văzuţi la microscopul ionic

Cer înstelat. O porţiune din constelaţia Corona Borealis văzută cu telescopul de pe muntele Palomar



Atomii unui vîrf de tungsten, văzuţi la microscopul ionic



La 18 octombrie 1595 trupele reunite ale Voievodului Mihai şi ale principelui Báthori au eliberat Tirgovişte de sub turci

Cînd armata creştină „aşeză tabăra înaintea acestui oraş, un semn ceresc veni să încurajeze întreprinderea ei. Pe un cer senin, şi cu toate că soarele răsărise, creştinii priviră în vreme de un ceas, deasupra taberii lor o cometă strălucitoare. Această stea fu luată de dînşii ca un augur de biruinţă". (Nicolae Bălcescu, *Campania Romînilor în contra turcilor la anul 1595*). Clişeul nostru redă acest eveniment după o stampă contemporană, apărută la Frankfurt în 1596.



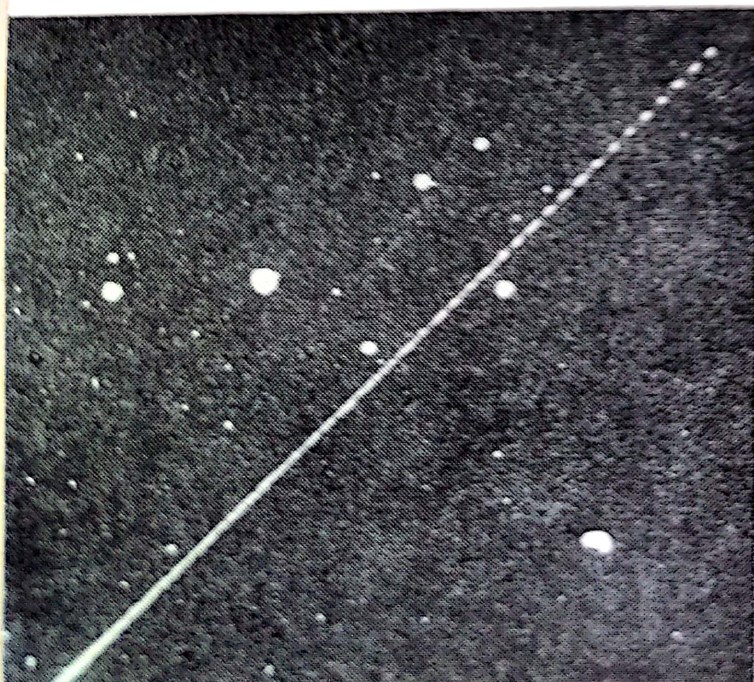
Cometa Arend-Roland, *(a opta cometă descoperită în anul 1956)*, în seara zilei de 21 aprilie 1956

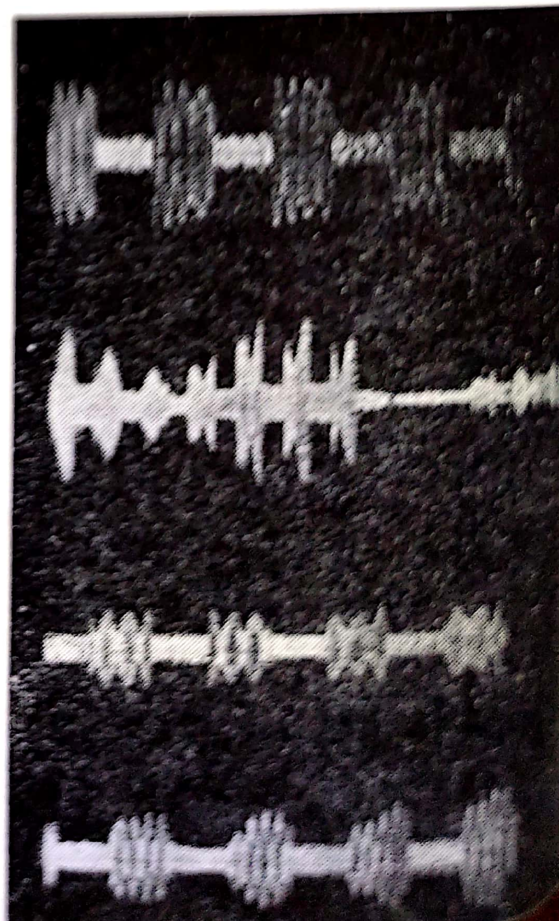


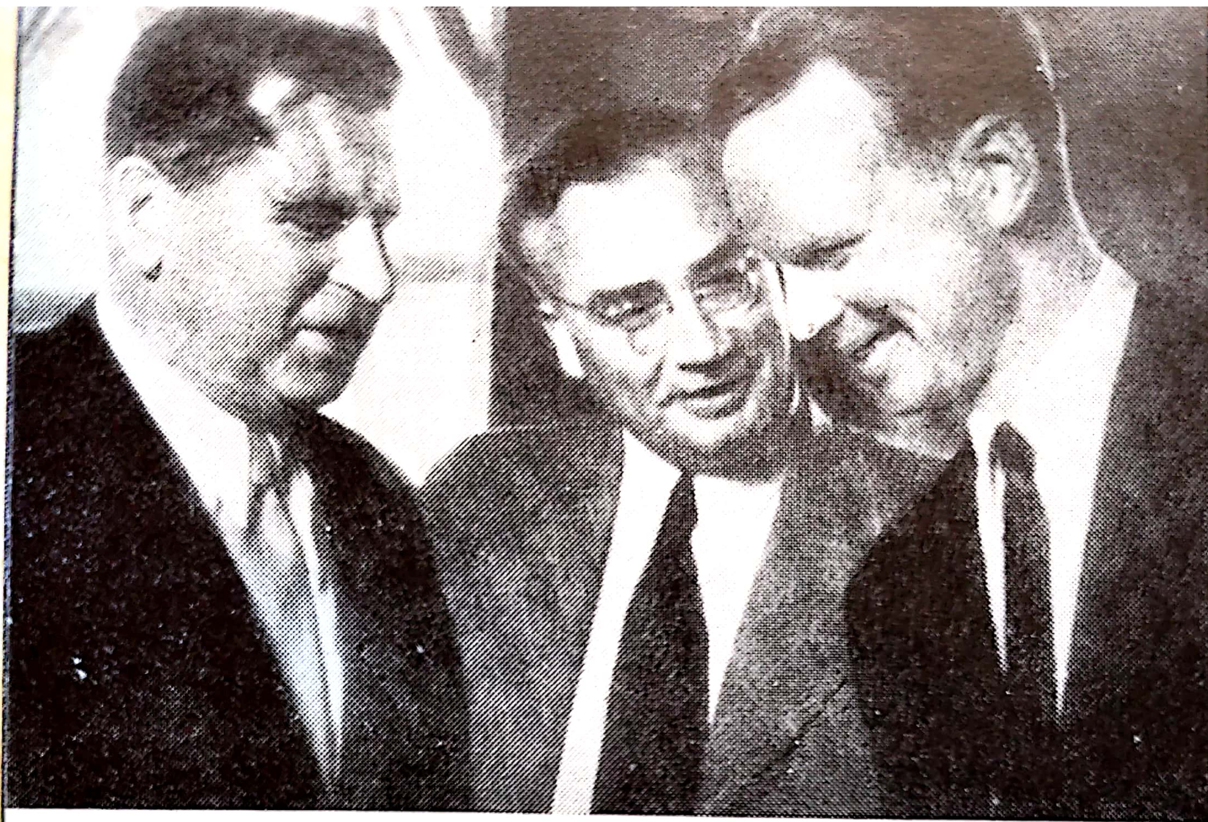
Leonid Sedov, unul din creatorii sputnikului *(mijloc)*, astronomul sovietic Ogorodnikov *(stînga)*, şi prof. Durant, preşedintele pe anul 1956 al Federaţiei Internaţionale de Astronautică

„*Bip-bip*". Semnalele de radio emise de sputnik, recepţionate la Bedford *(S. U. A.)*, la 5 octombrie 1957

Sputnikul, în constelaţia Pleiade, *(19 octombrie, 1957)*, observat la Universitatea din Louisiana, S. U. A.



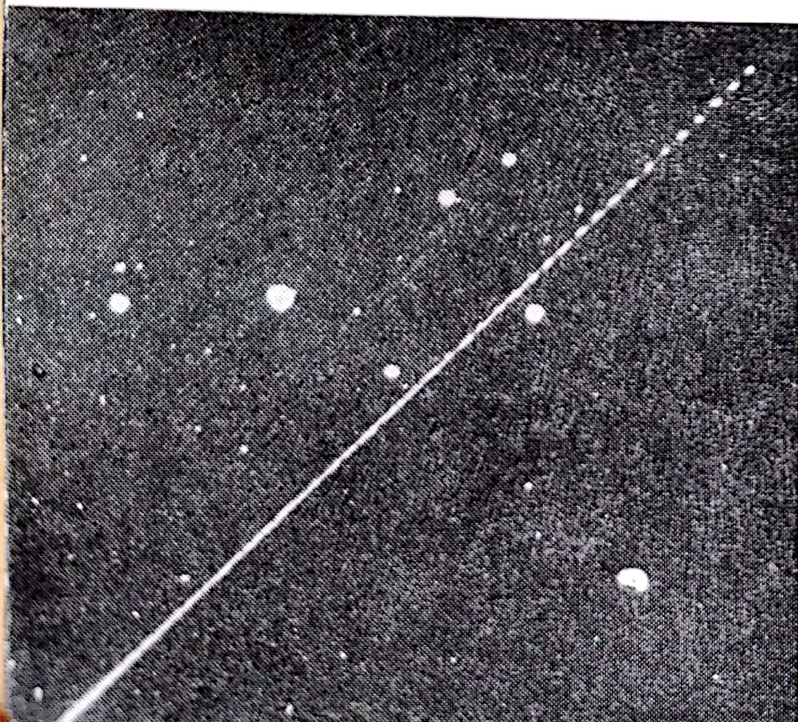


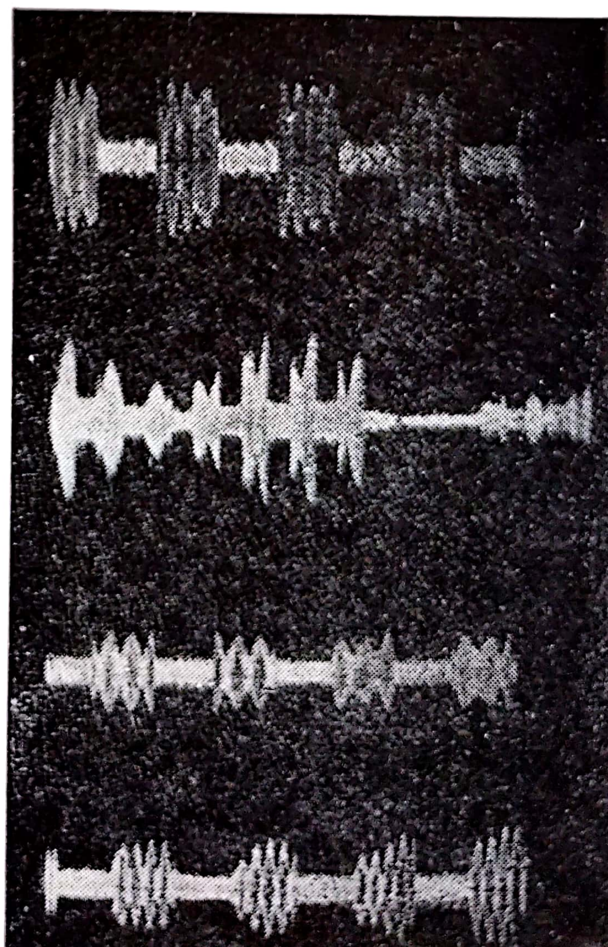


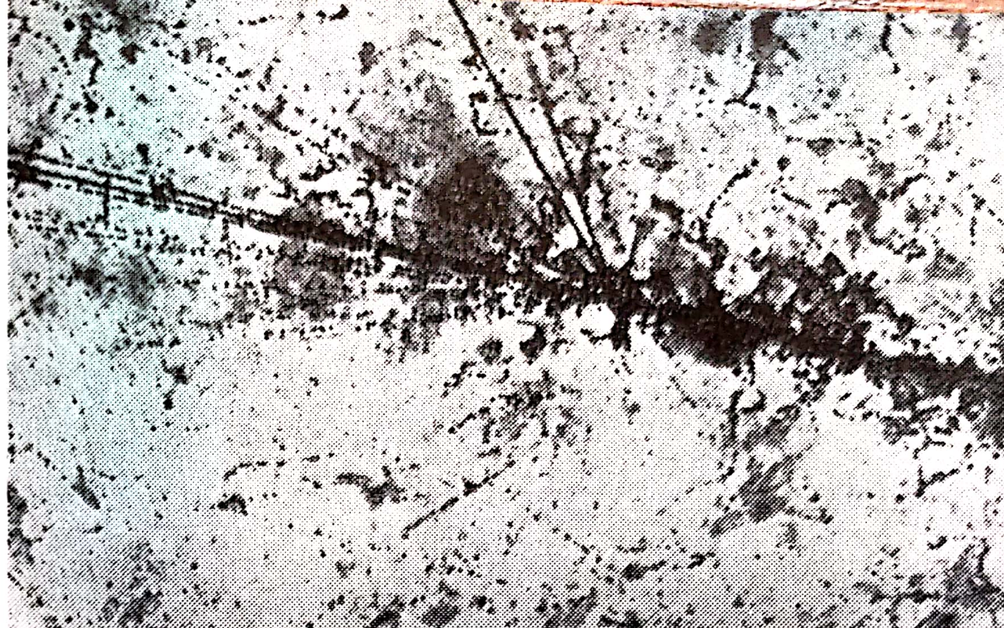
Leonid Sedov, unul din creatorii sputnikului *(mijloc)*, astronomul sovietic Ogorodnikov *(stînga)*, şi prof. Durant, preşedintele pe anul 1956 al Federaţiei Internaţionale de Astronautică

„*Bip-bip*". Semnalele de radio emise de sputnik, recepţionate la Bedford *(S. U. A.)*, la 5 octombrie 1957

Sputnikul, în constelaţia Pleiade, *(19 octombrie, 1957)*, observat la Universitatea din Louisiana, S. U. A.

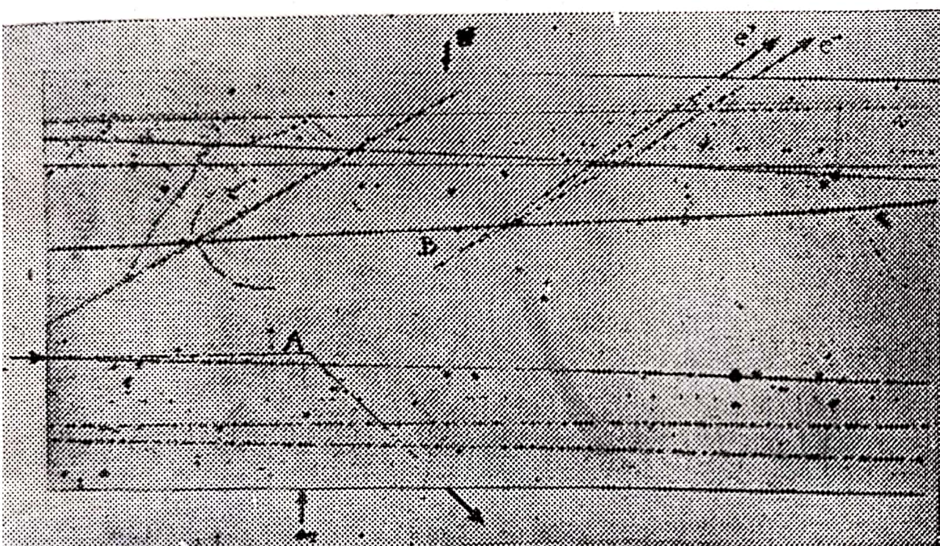






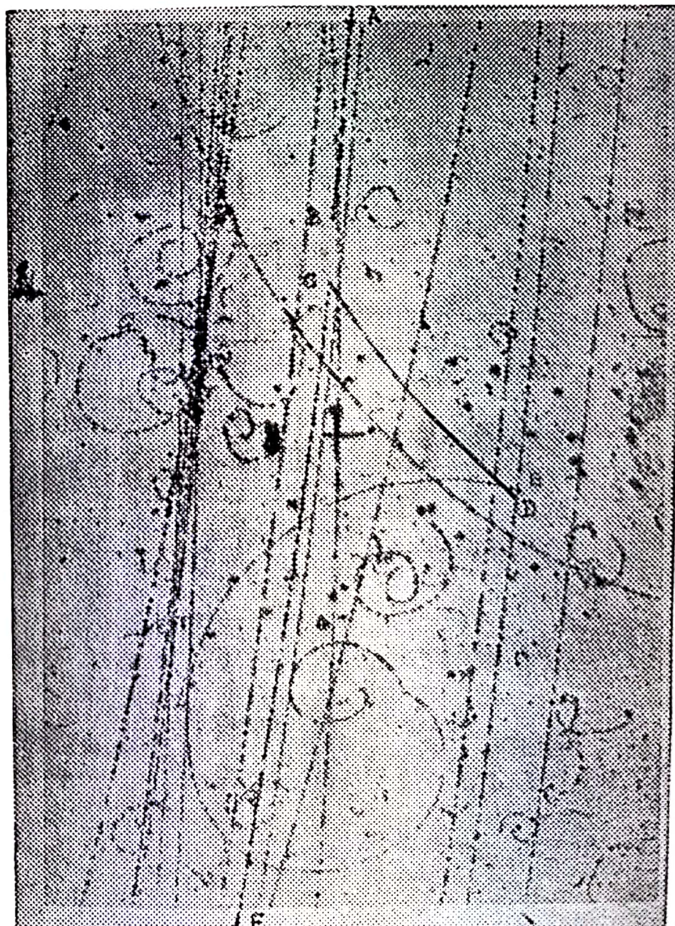
Explozia unui nucleu al atomului de fier, sub acțiunea unei particule cosmice de înaltă energie





O cameră cu bule, umplută cu propan lichid, este traversată *(dinspre stînga)* de un fascicol de particule de 2 BeV, emis de un sincrofazotron. La *A*, un mezon-pi se ciocnește cu un proton. Se produce radiație gama, care nu lasă urme pe clișeu. La *B* are loc fenomenul de transformare a fotonilor gama într-o pereche de electron-pozitron. *(clișeul lui A. D. Glaser)*

Un fascicol de particule elementare, provenit din Cosmotron, străbate o cameră cu bule, umplută cu propan lichid. În *A* se văd urmele unui mezon-pi negativ. În *B*, în urma coliziunii mezonului-pi cu un proton ia naștere un mezon-*K* neutru, care nu lasă urme pe clișeu. În *C* mezonul-*K* se dezintegrează, dînd naștere unei perechi de mezoni-pi negativ *(care părăsește camera în F)*, și pozitiv. În *D* mezonul-pi pozitiv dă naștere unui mezon-mű pozitiv, care se dezintegrează *(în E)*, într-un pozitron și două particule neutrino. Urmele pozitronului au formă de spirală. Neutrinii nu lasă urme pe clișeu

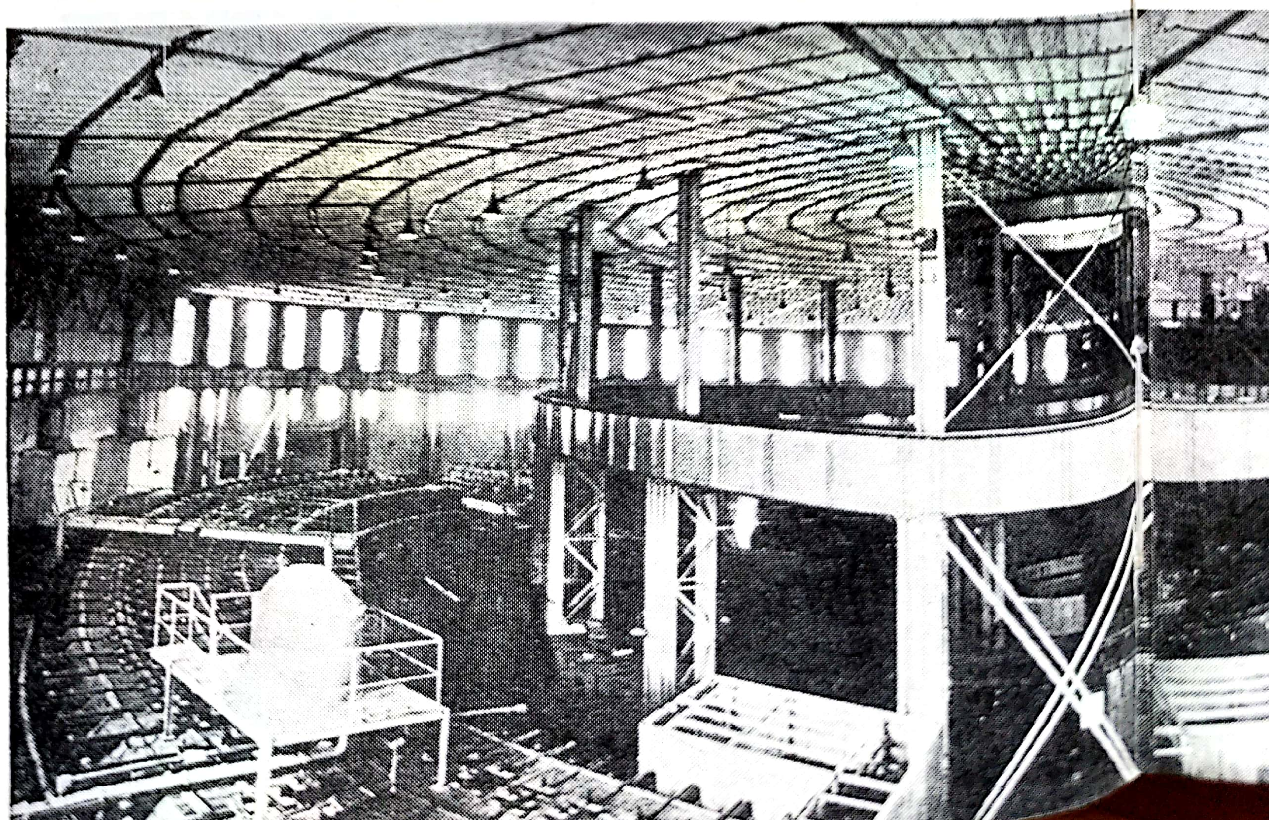




Vladimir Veksler la pupitrul de comandă al sincrofazotronului de 10 BeV. de la Dubna

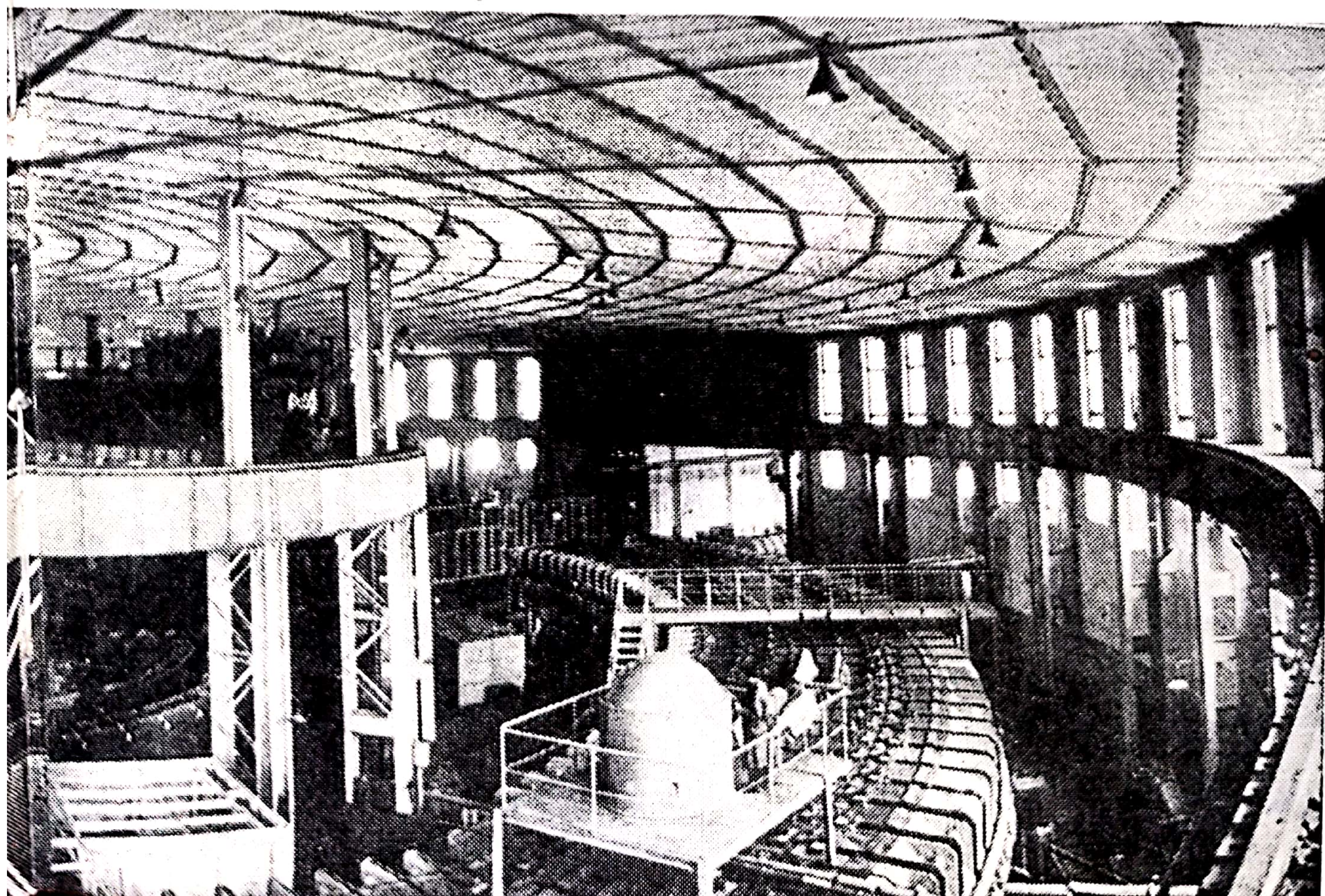
C
z

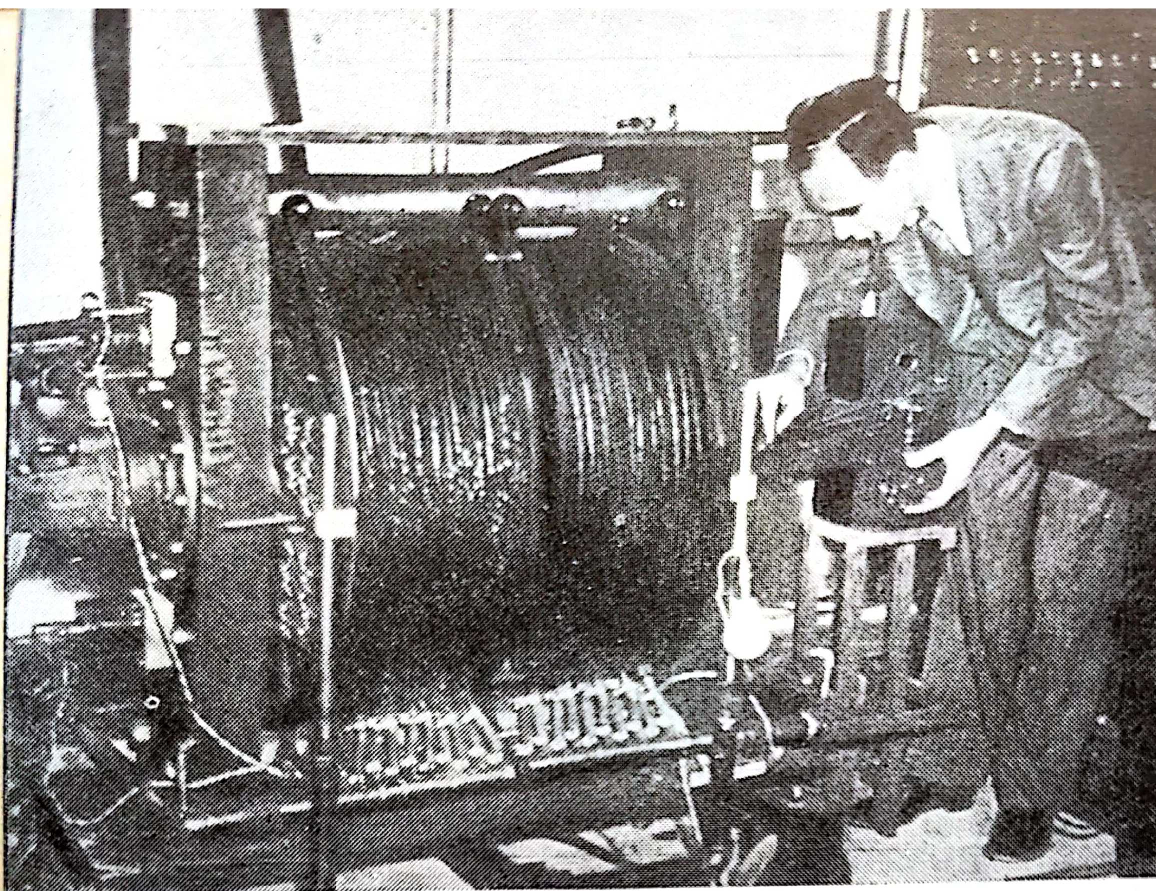
Sincrofazotron. de la Du



Clădirea sincrofazotronului de la Dubna

l de la Dubna.



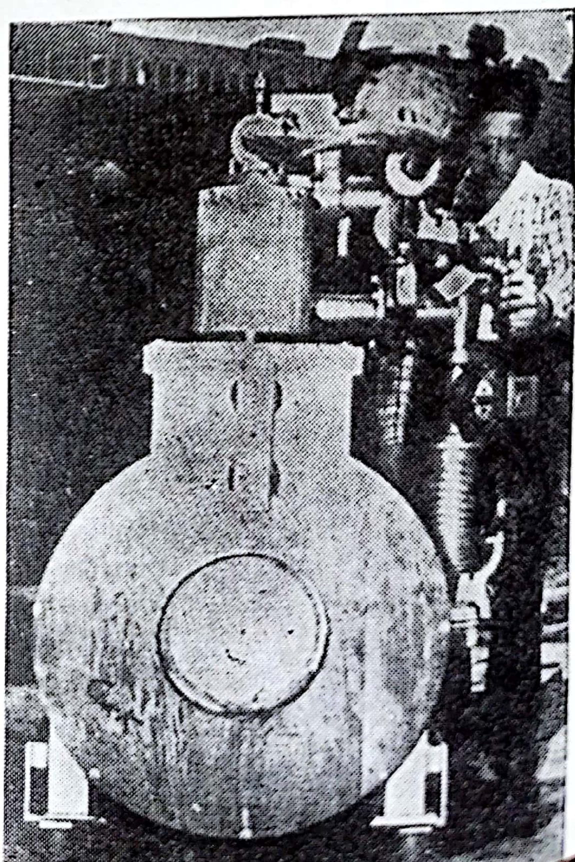


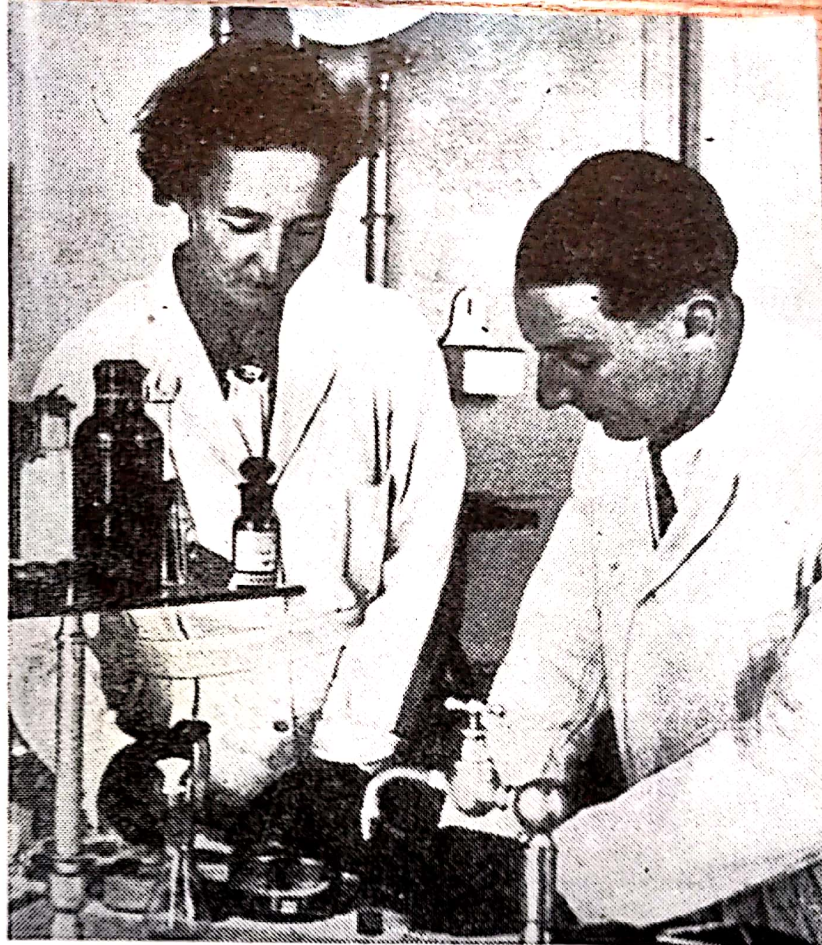
Carl D. Anderson

P. M. S. Dirac

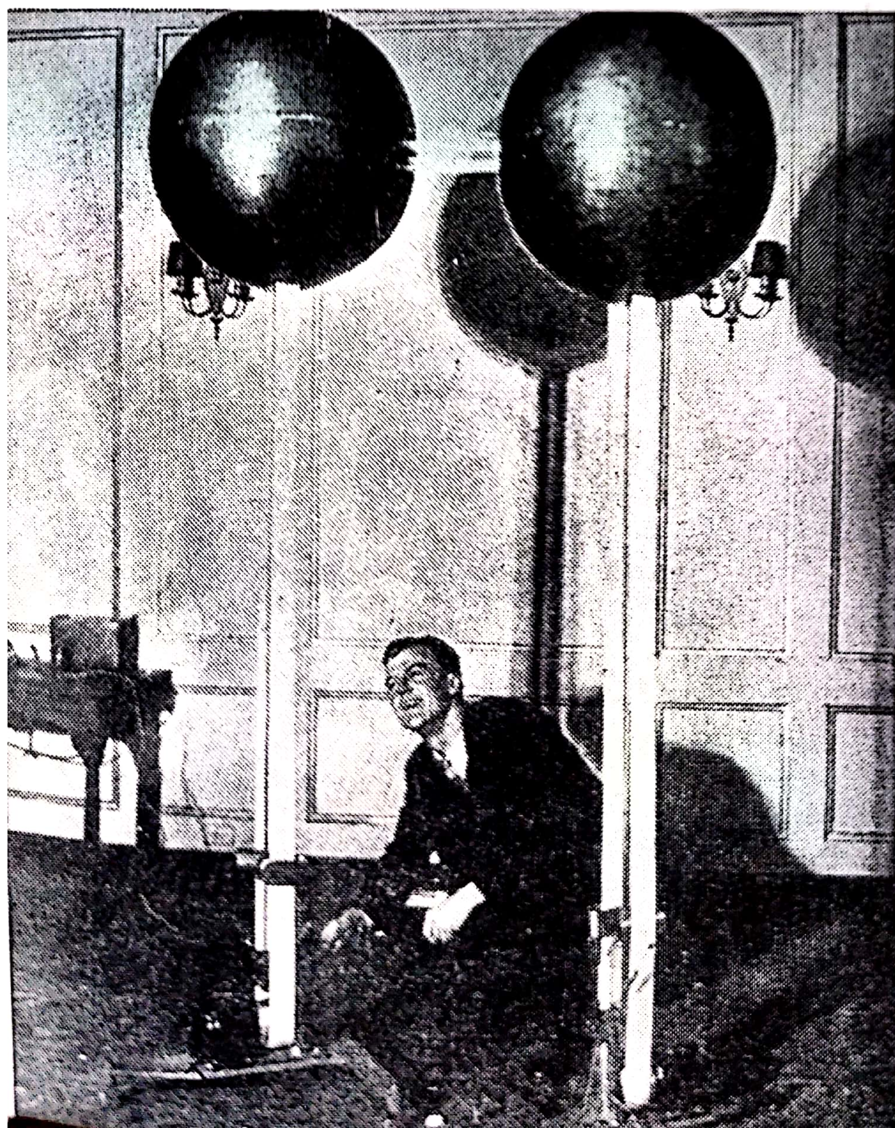


Cameră cu bule, umplută cu hidrogen lichid *(Universitatea din California)*. Această cameră a servit la descoperirea antineutronului

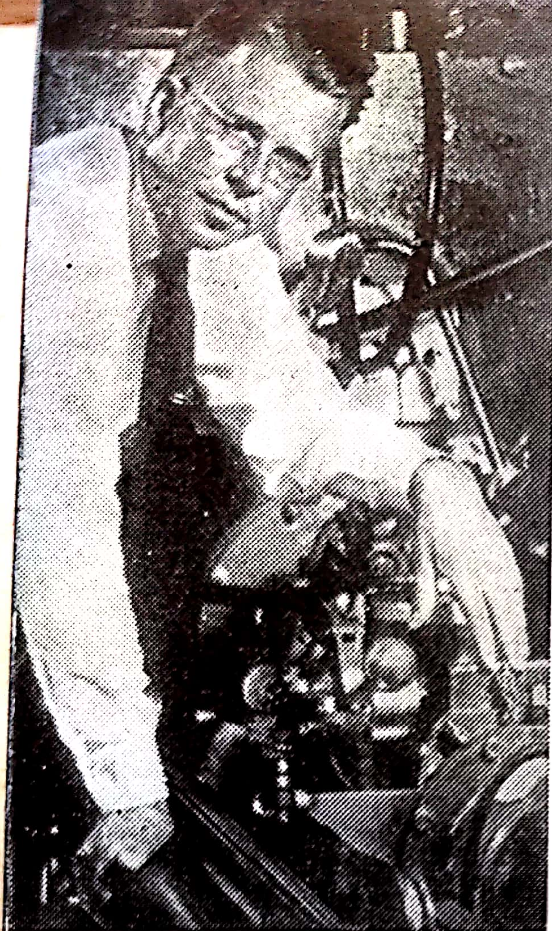




Irène şi Frederic Joliot-Curie

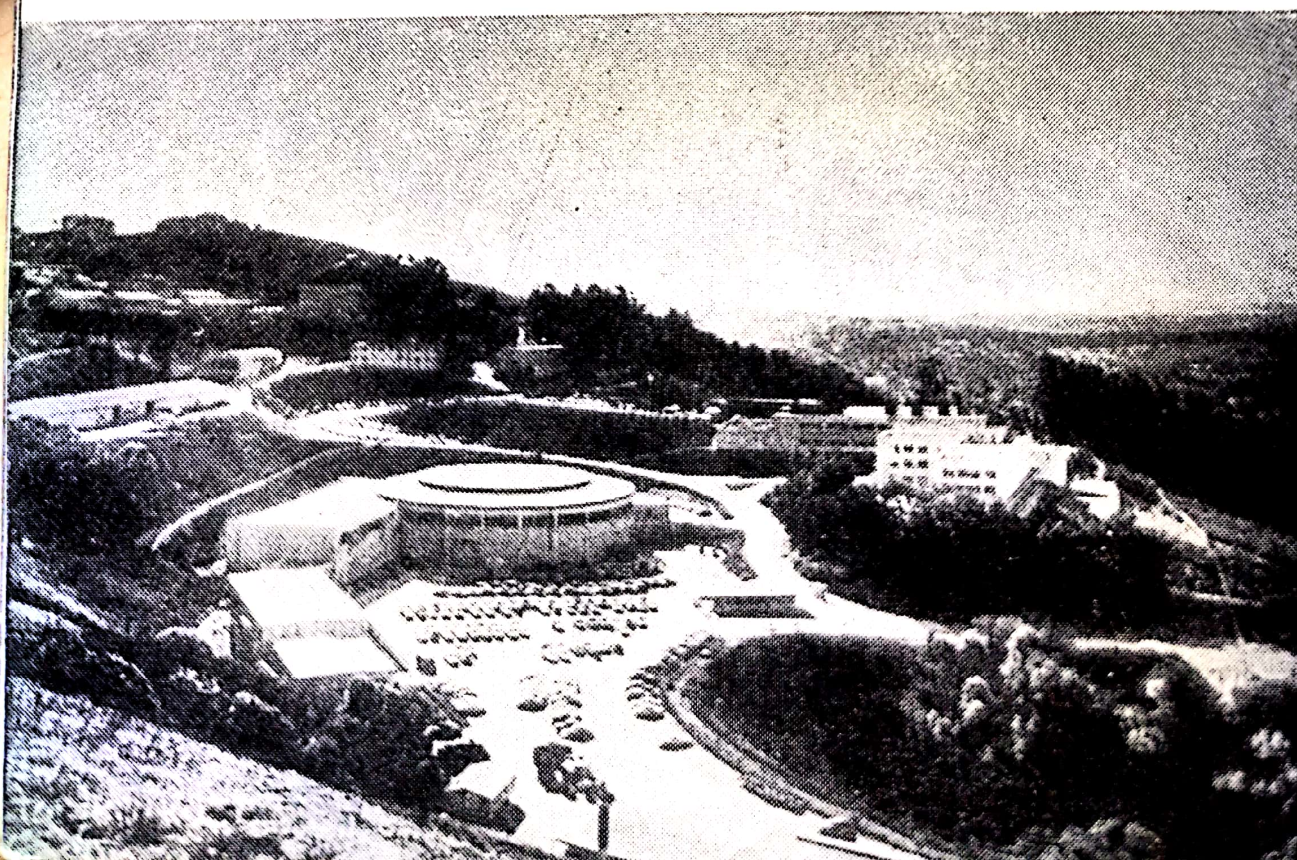


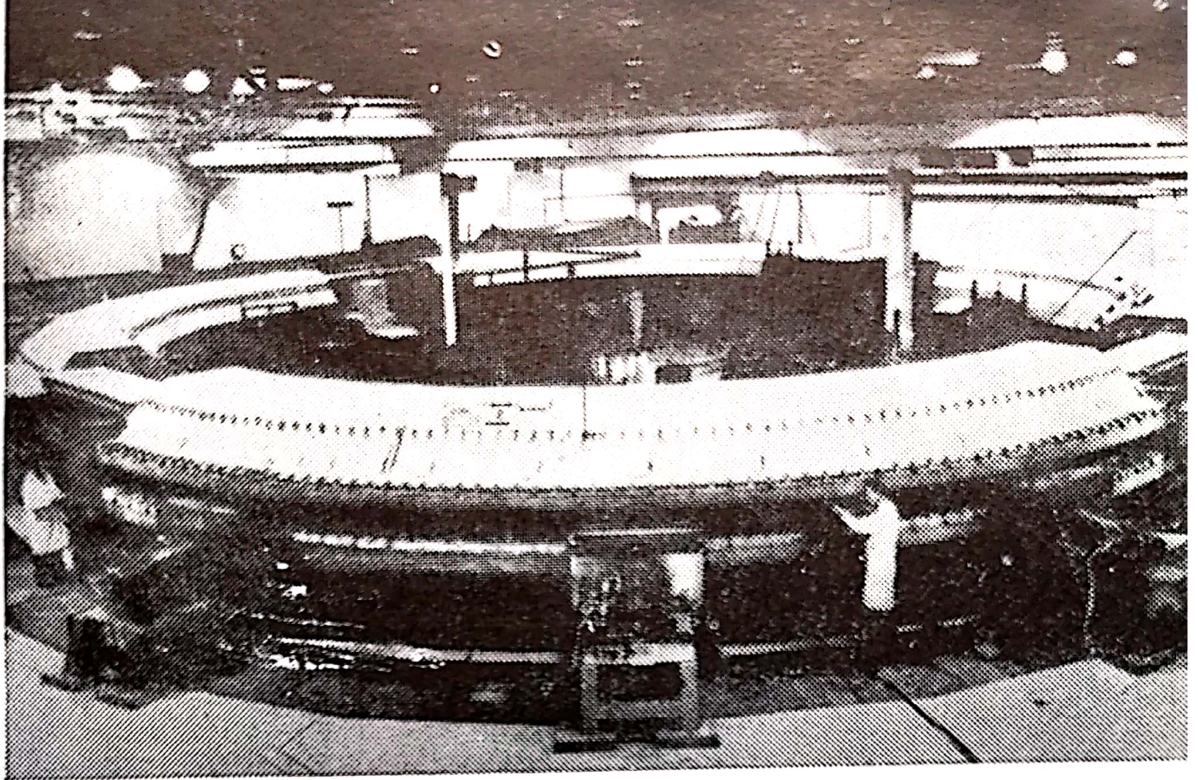
Van de Graaf, cu primul său generator



Ernest O. Lawrence

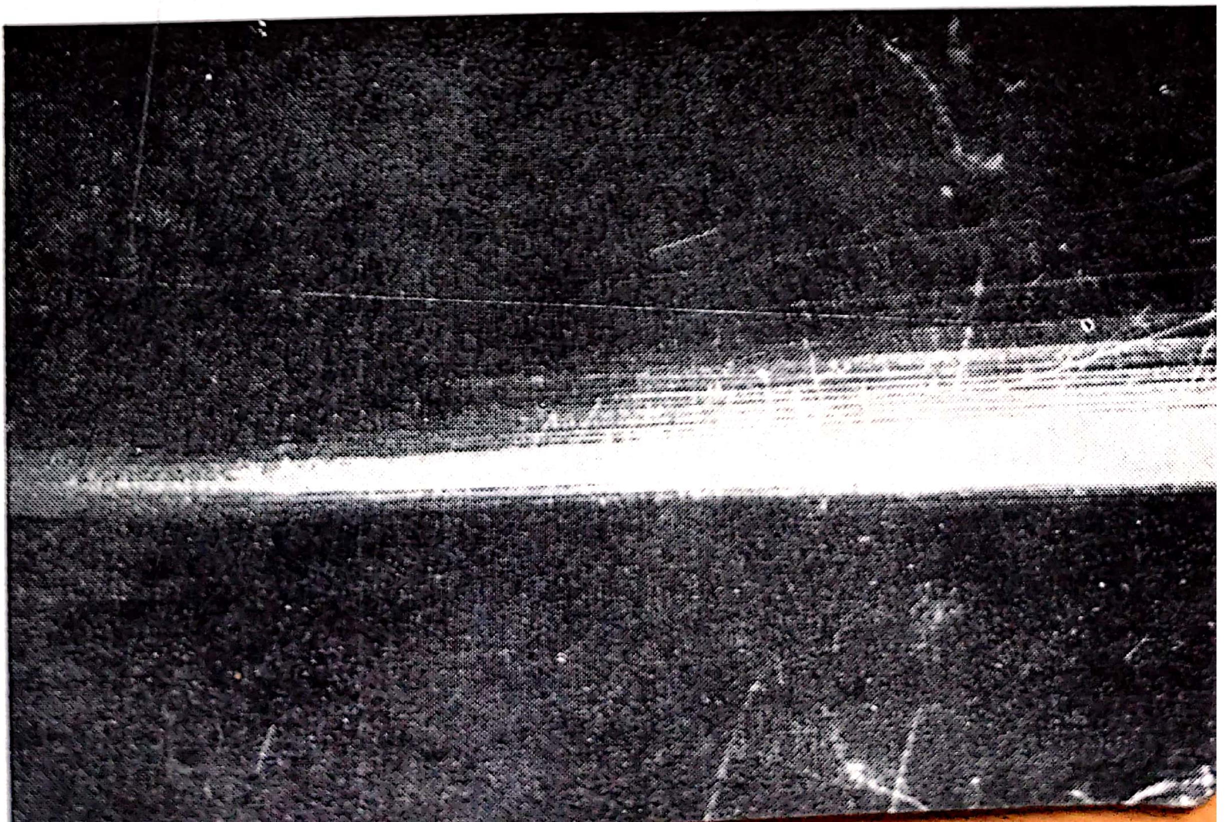
Laboratorul de radiații al Universității din California

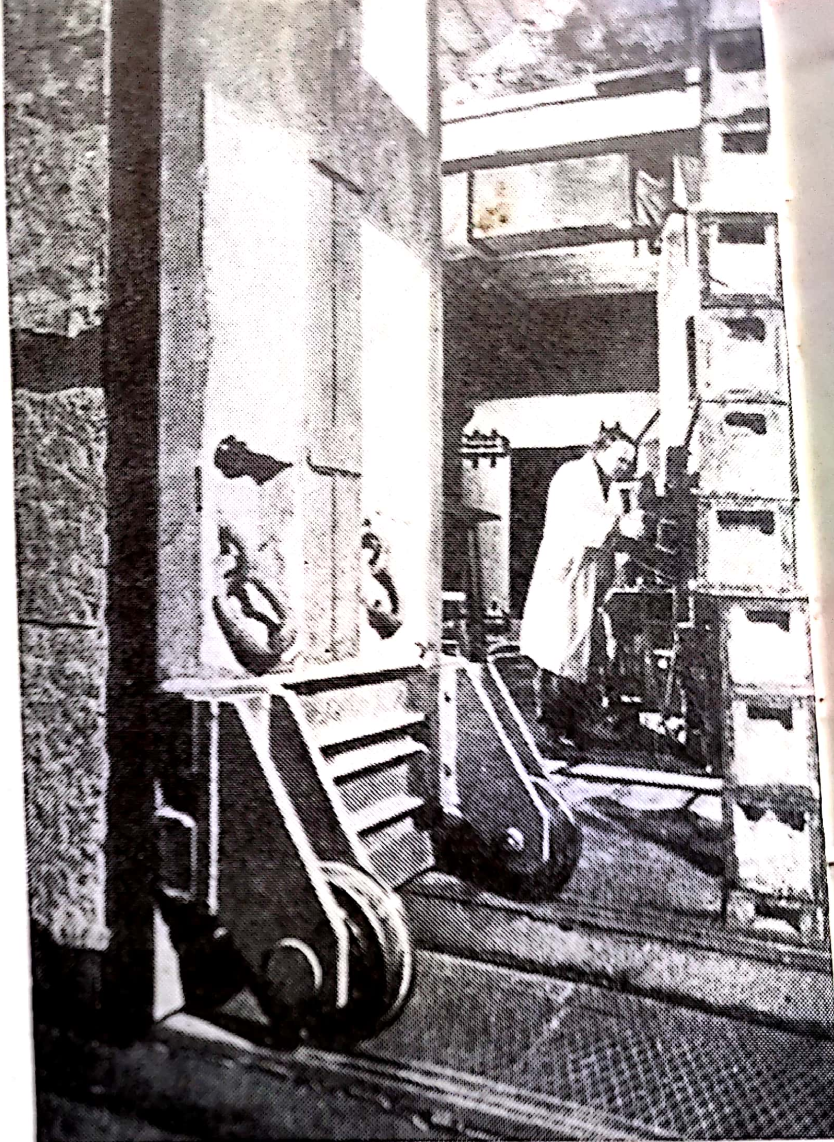




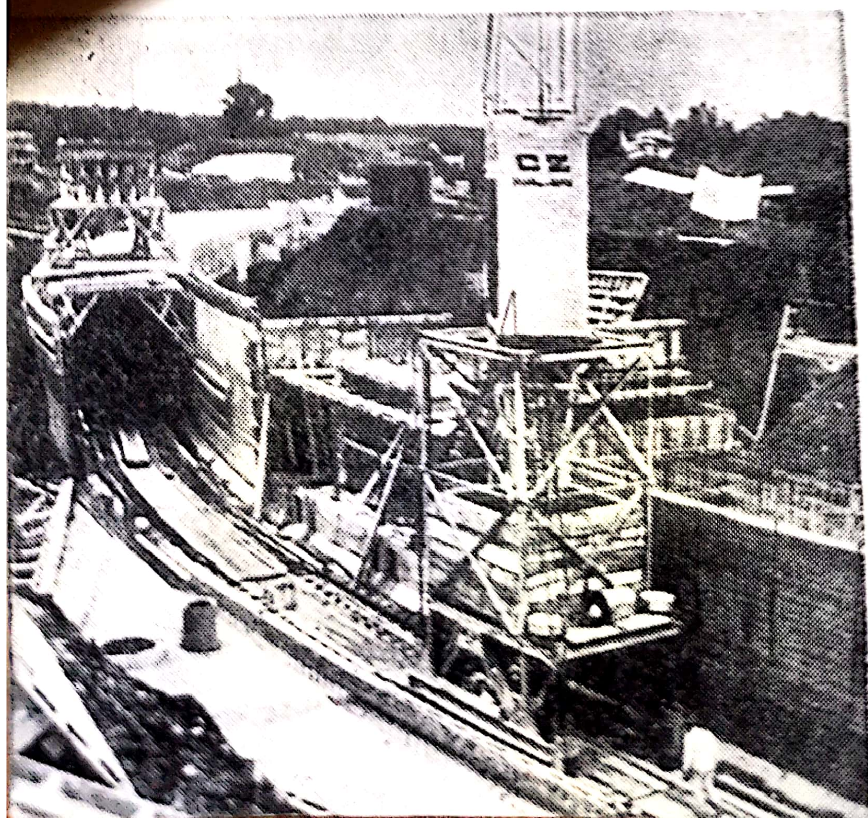
Cosmotronul din Brookhaven

Şuvoi de particule de 150 MeV, emis de sincrociclotronul de la Harwell

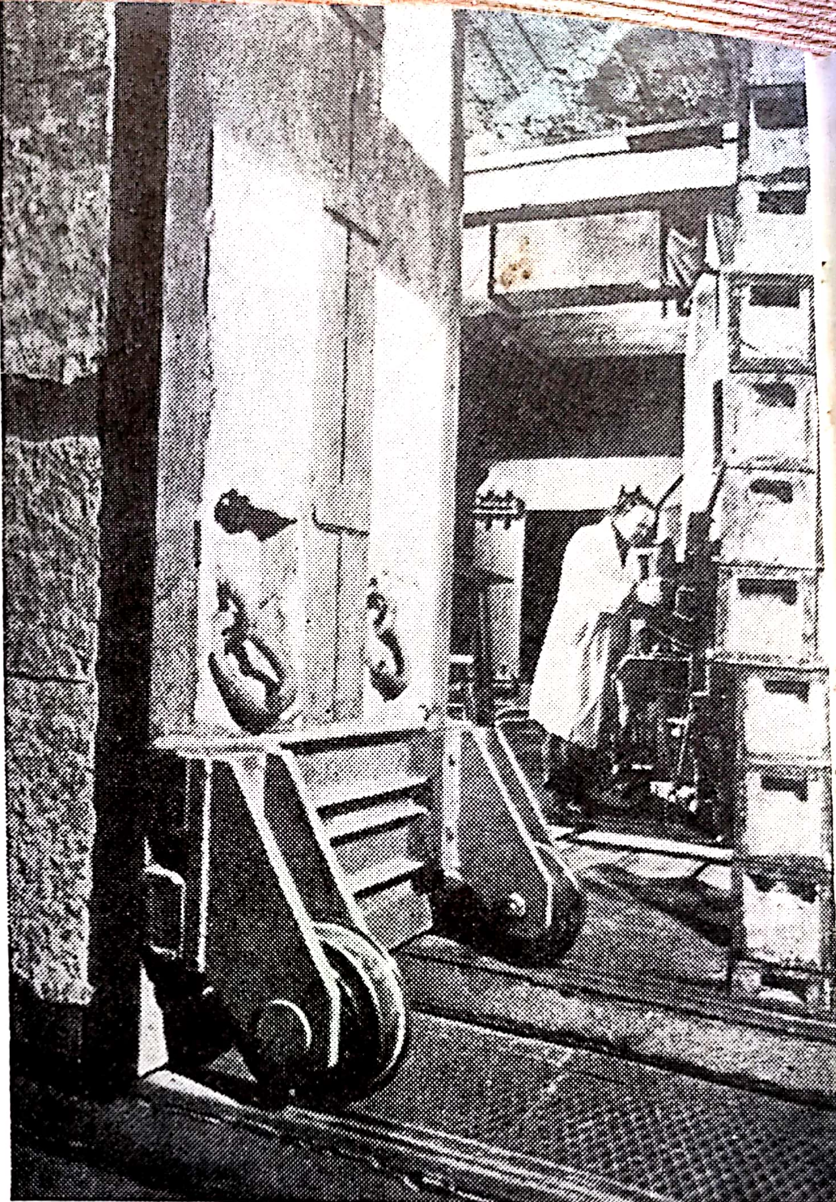




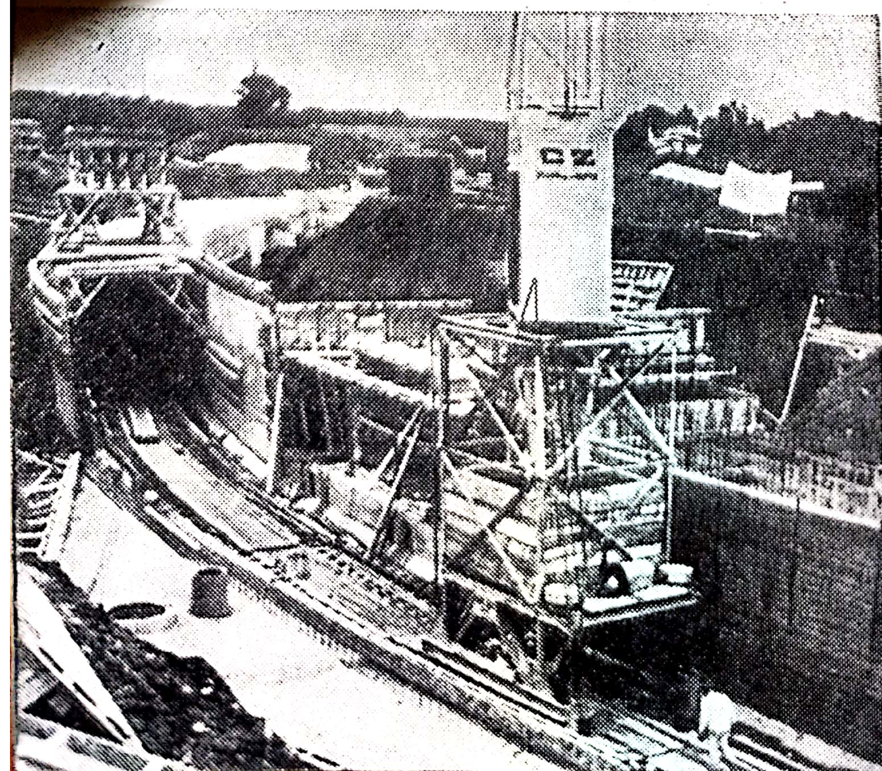
Scutul de protecție al sincrofazotronului de 10 BeV de la Dubna



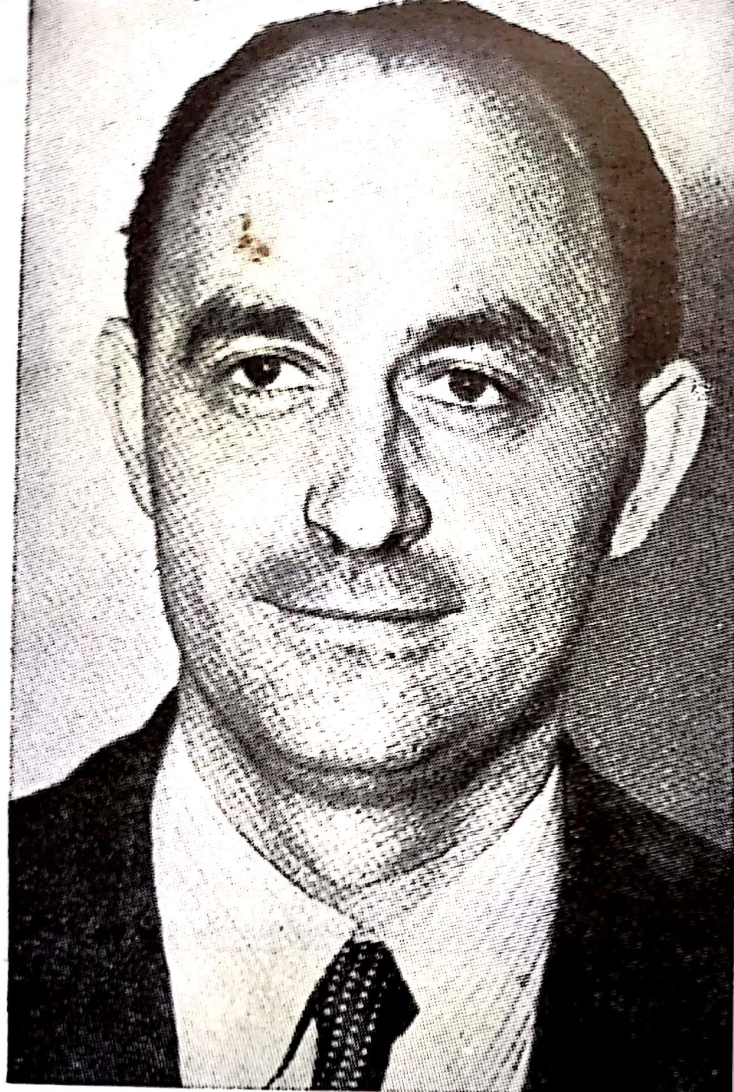
Detaliu din pista circulară a magnetului sincrotronului CERN de 25 BeV, de lîngă Geneva (în construcție)



Scutul de protecţie al sincrofazotronului de 10 BeV de la Dubna



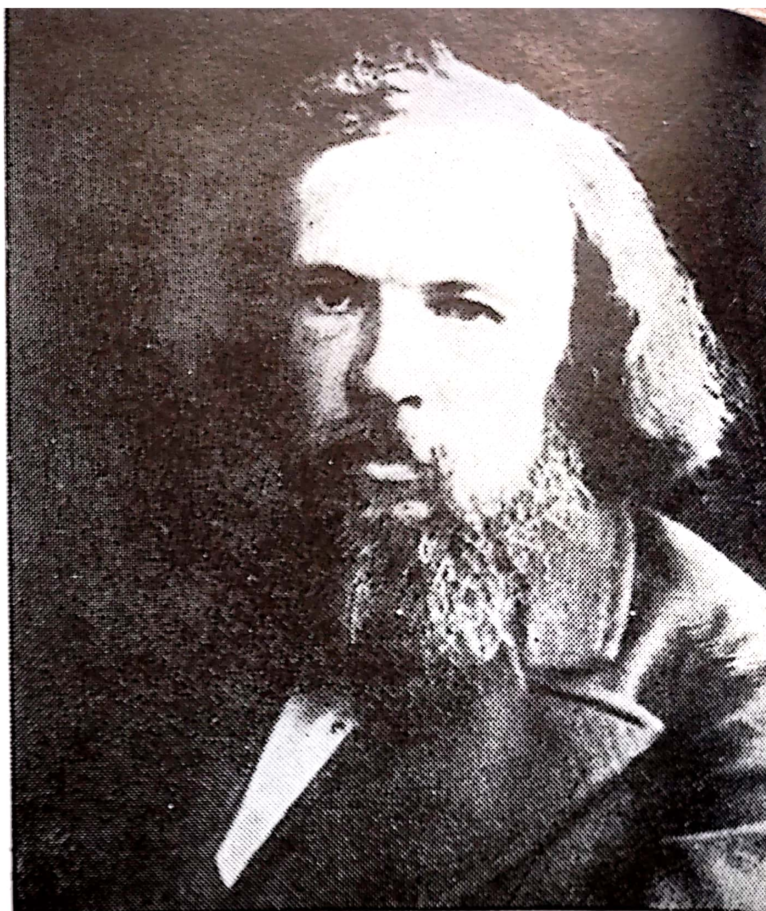
Detaliu din pista circulară a magnetului sincrotronului CERN de 25 BeV, de lîngă Geneva (în construcţie)



Enrico Fermi

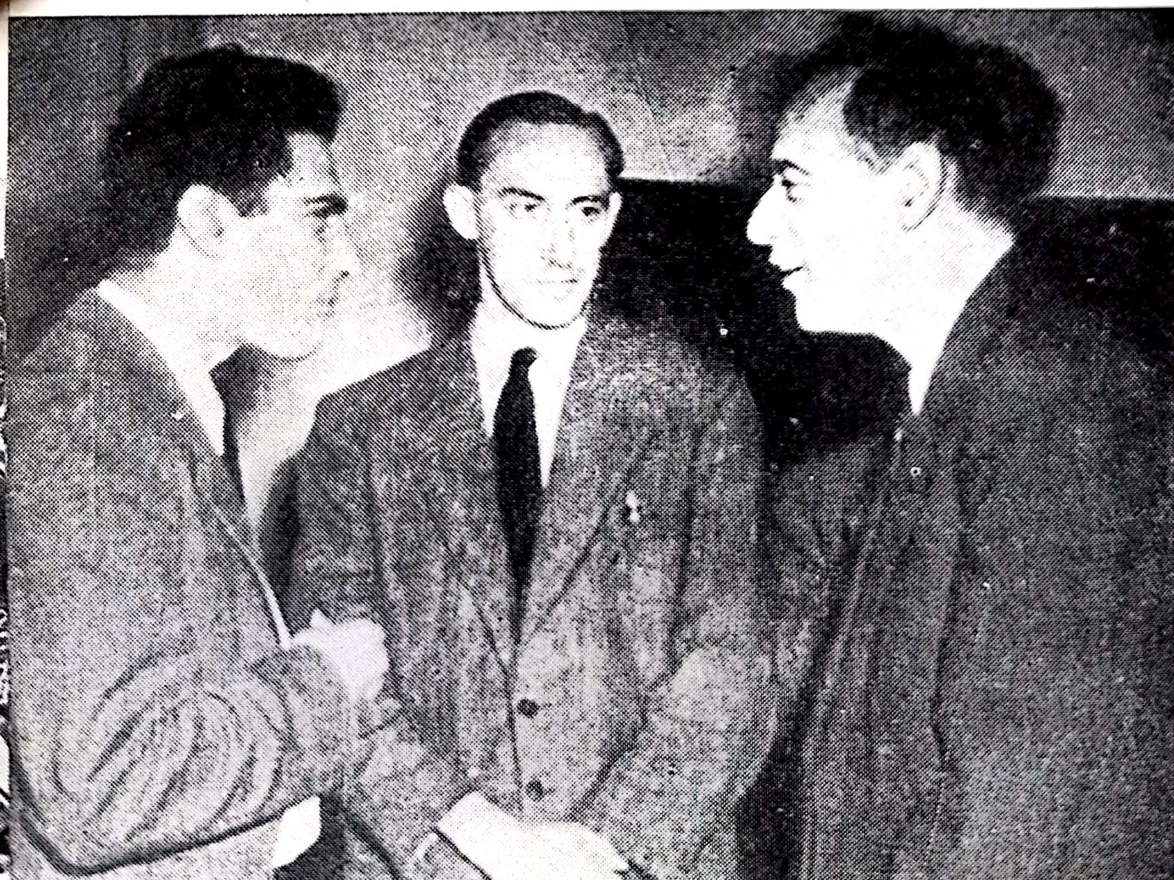
De la stînga la dreapta: Emilio Segré şi colaboratorii săi: C. Wiegand şi O. Chamberlain, examinînd primele urme ale antiprotonului pe o peliculă

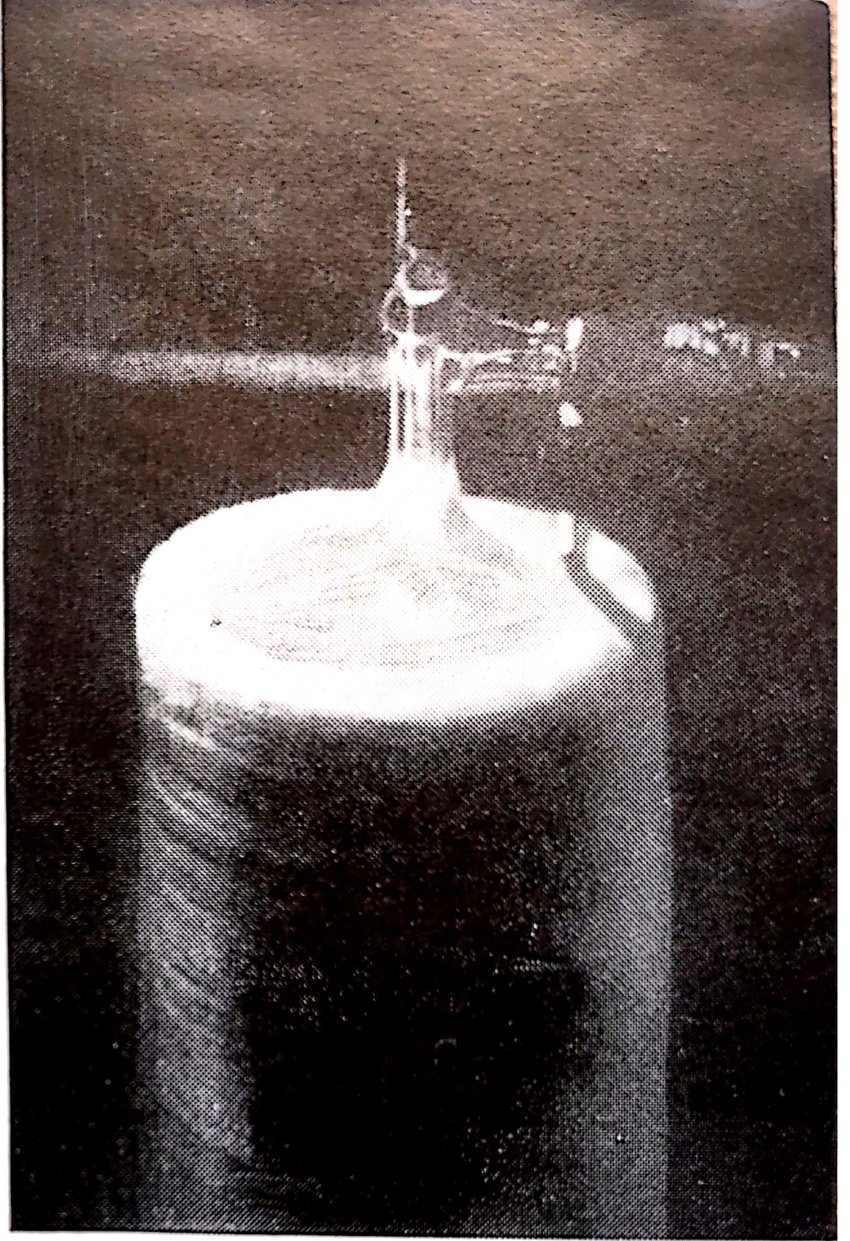




Dimitrii Ivanovici Mendeleev

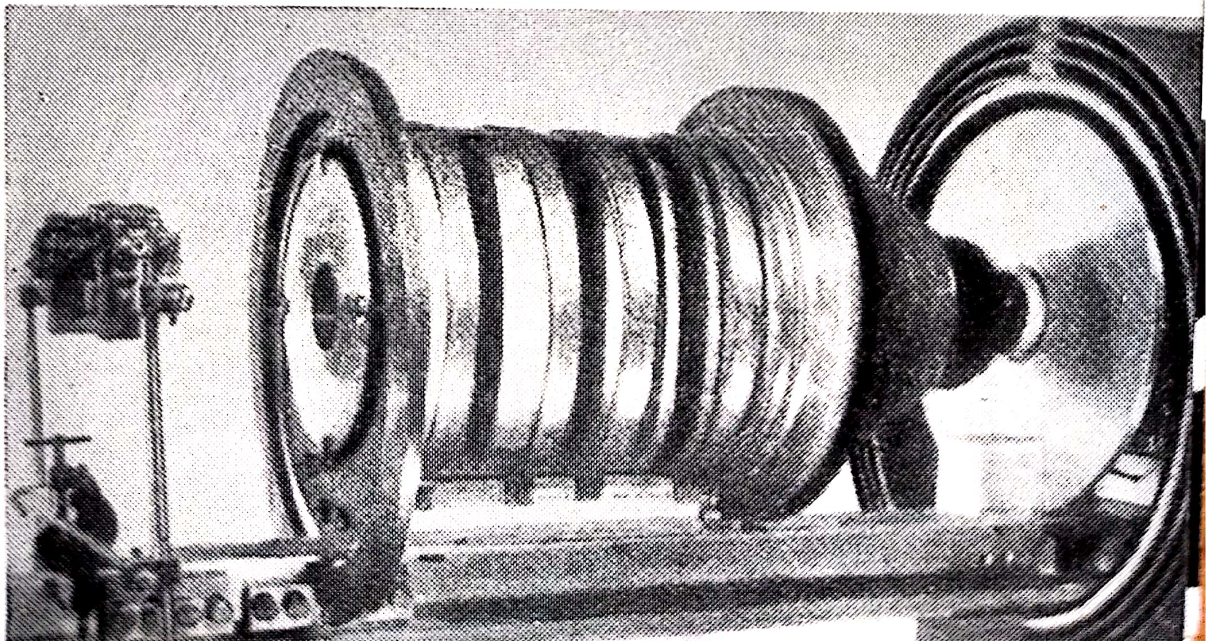
L. D. Landau *(dreapta)*

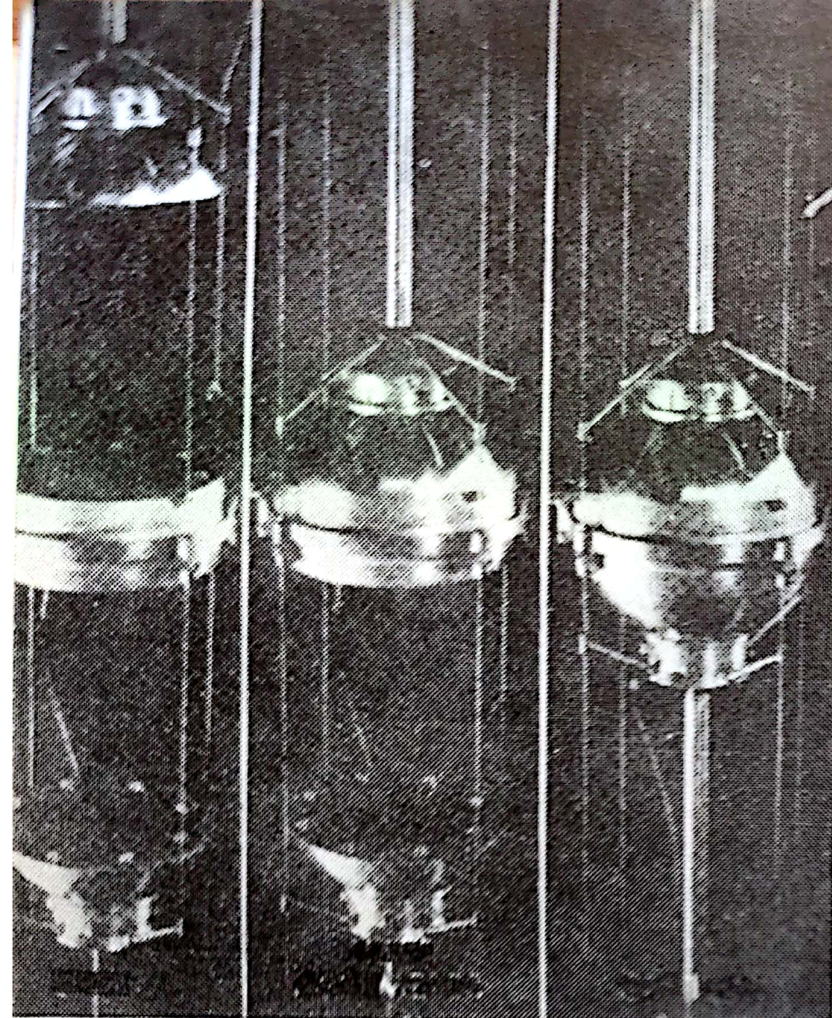




51mg. de T_2O *(apă supra-grea)*, în fluorescență sub influența propriei sale radiații beta

Contor Cerenkov





Focosul bombei atomice. *A:* cele două emisfere de plutoniu sînt neasamblate, masa critică nu este atinsă, fisiunea nu are loc. *B:* Cele două emisfere de plutoniu se apropie. *C:* Emisferele de plutoniu sînt asamblate, fisiunea se declanșează

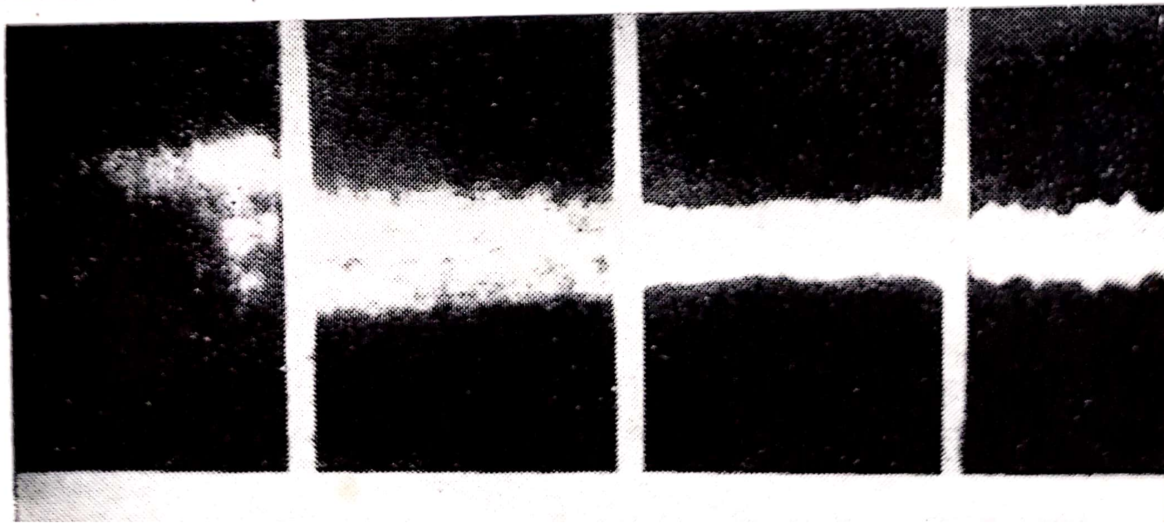
Uroburos – șarpele-balaur, care-și mușcă propria sa coadă, simbolul medieval al indestructibilității și reînnoirii eterne a materiei *(După o gravură din sec. XVII)*





Igor Kurceatov

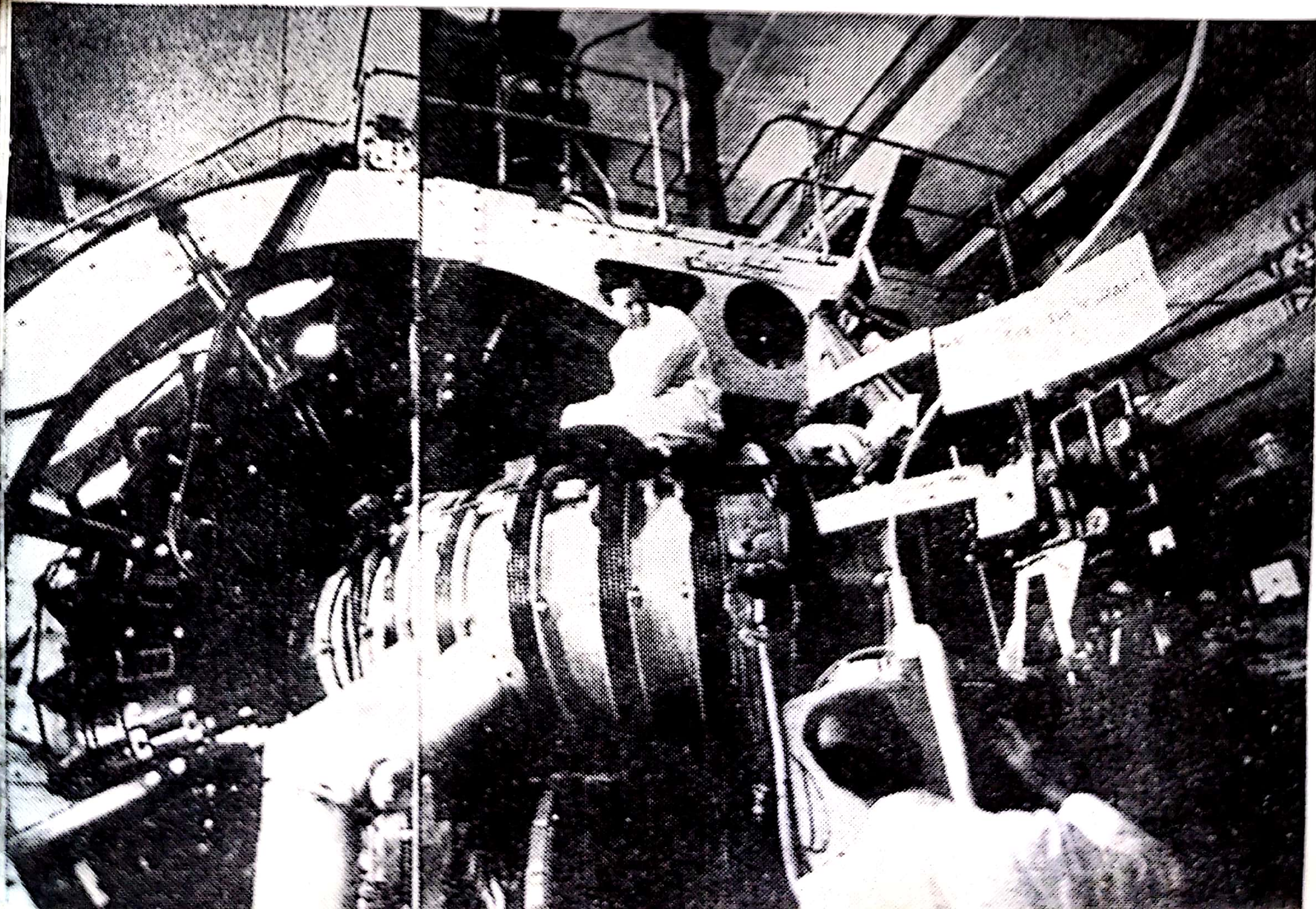
Experienţa sovietică pentru realizarea reacţiei termonucleare. Coloana de plasmă este în stare contractată sub acţiunea unui puternic cîmp magnetic. Cele patru clişee reprezintă patru faze succesive ale experienţei, obţinute la intervale de 0,5 microsecunde





Foc — prin frecare. Cel mai vechi mod de aprindere a focului *(După un vechi document mexican)*

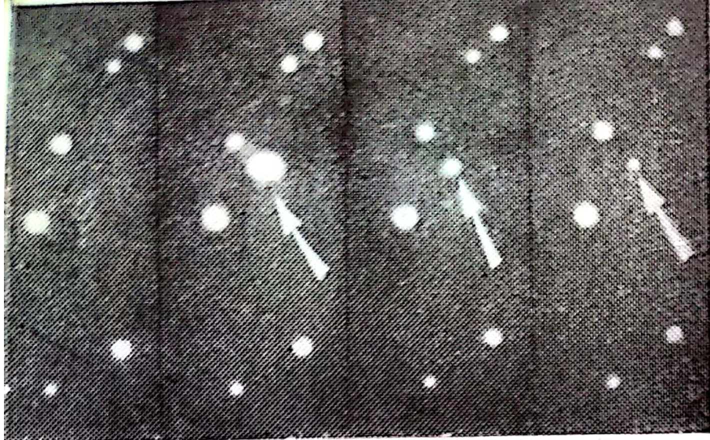
Instalația *ZETA*.



Hartă a cerului, întocmită de astronomi chinezi în preajma anului 1200. Deasupra săgeţii sînt înscrise hieroglifele cuvîntului *Tien-kuan*, iar deasupra hieroglifei se vede semnul unei stele. Steaua este identică cu Zeta Tauri din cataloagele moderne, învecinată cu nebuloasa Crabului. Astronomii chinezi au identificat supernova din 1054, cu ajutorul stelei Tien-kuan



Nebuloasa Crabului, văzută în lumină de hidrogen şi azot incandescent

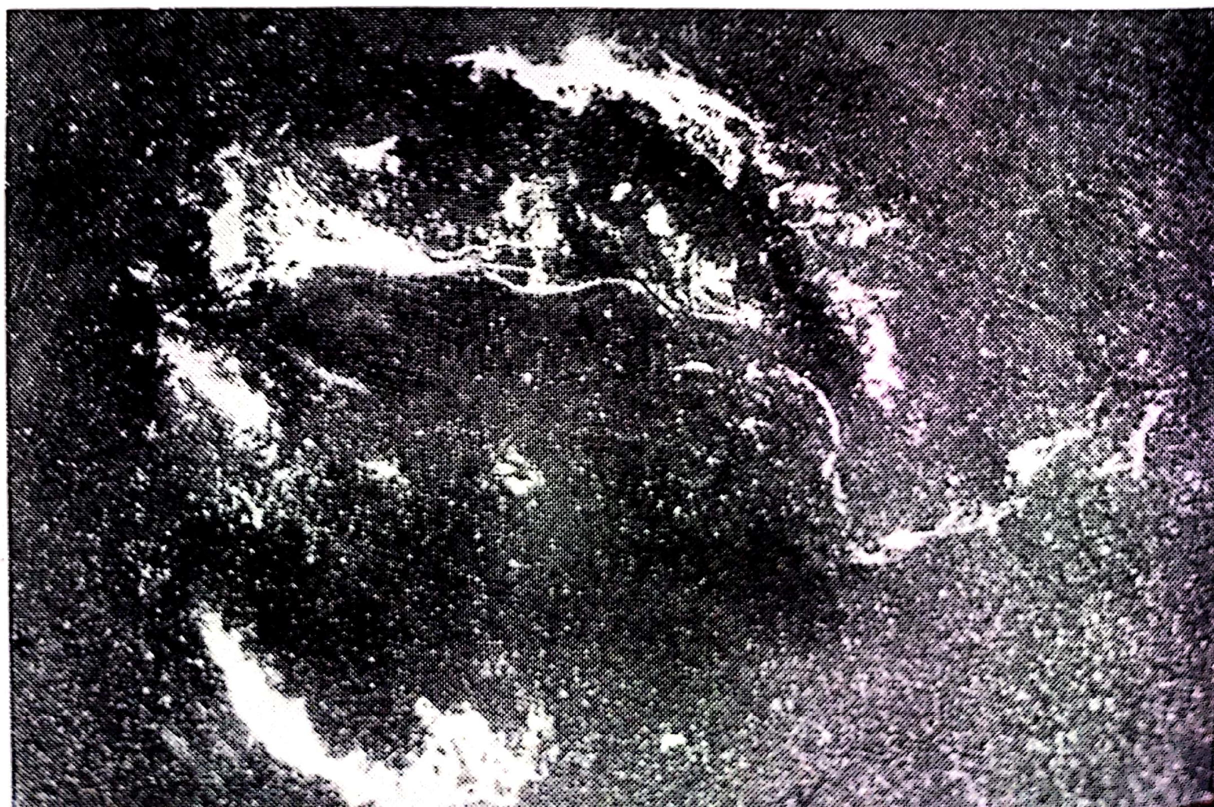


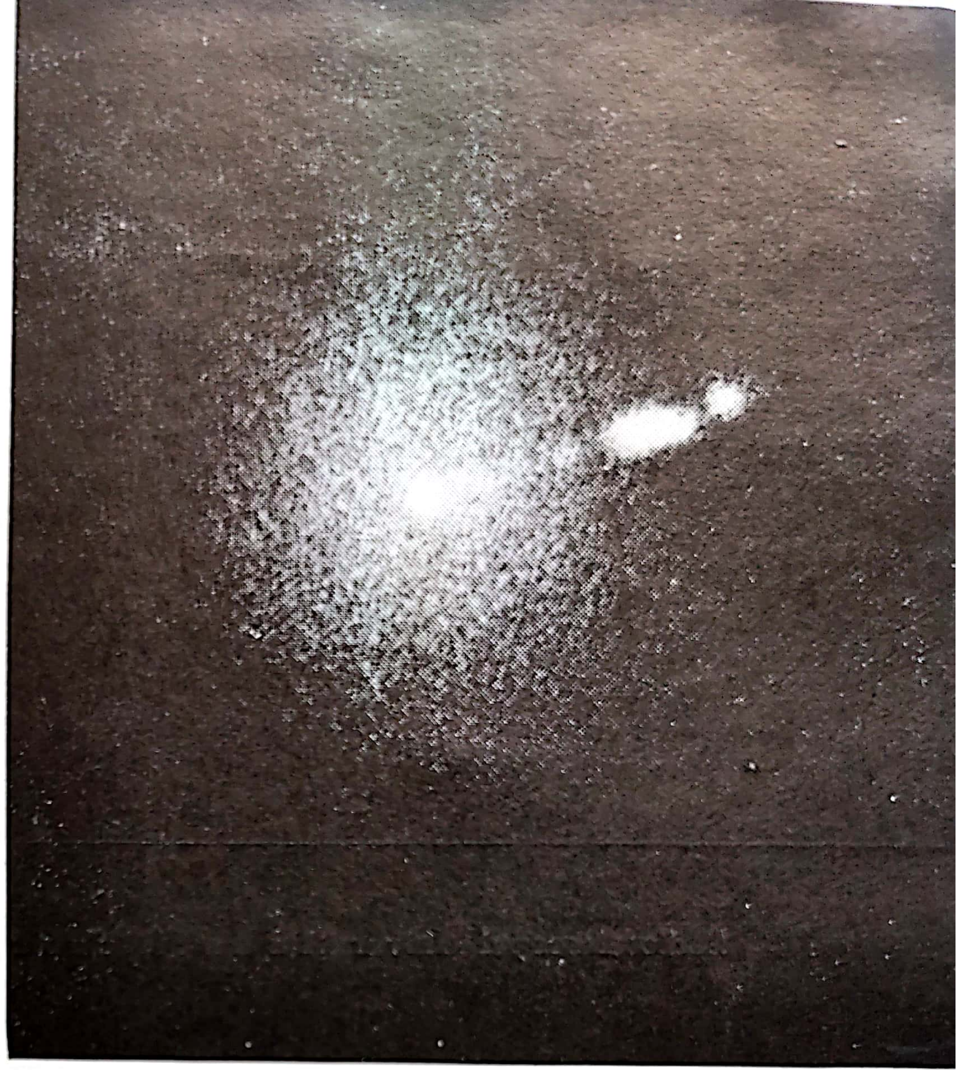
A B C D

Explozia unei supernove gigantice în galaxia I. C. 4182

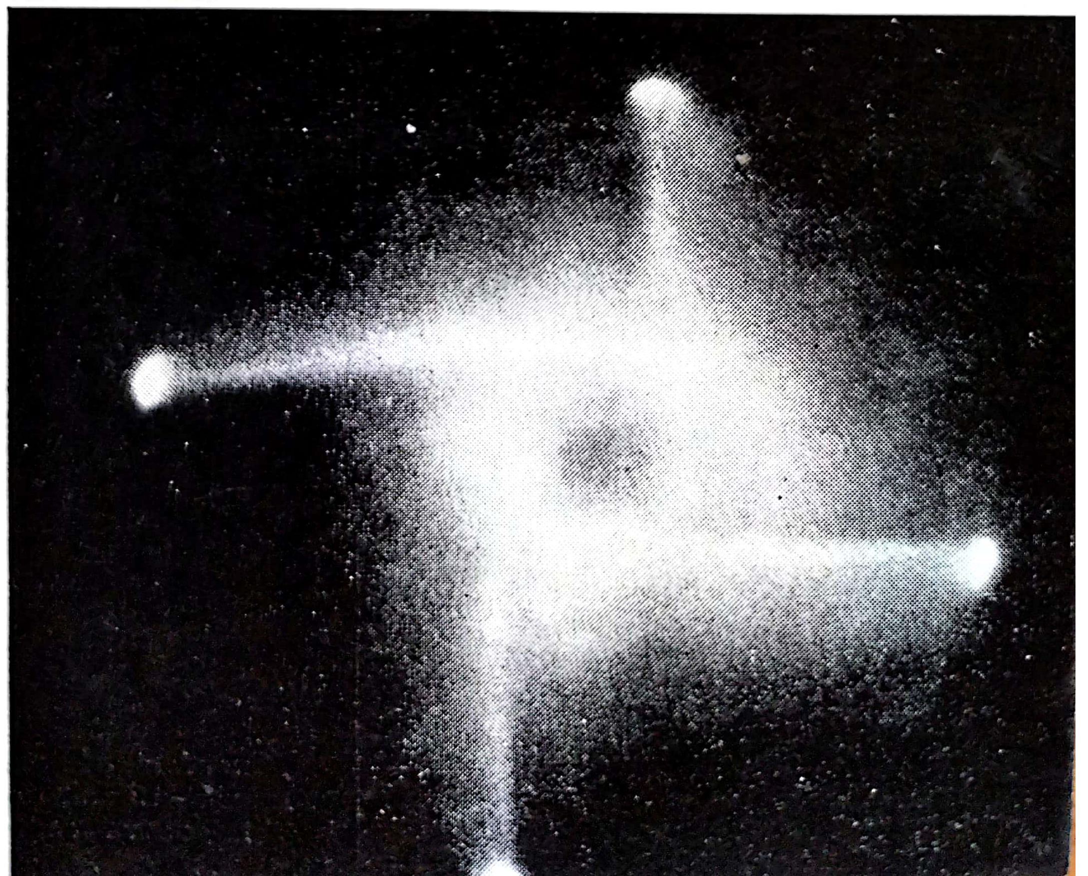
A: imaginea galaxiei la 10 aprilie 1937. *B:* aceeași galaxie, la 26 august 1937. Între timp supernova a apărut, strălucind de treisute milioane ori mai puternic decît Soarele. *C:* aceeași porțiune a cerului la 31 decembrie 1937 și *D:* la 8 iunie 1938

Nebuloasa Vălului, din constelația Lebăda, fotografiată în lumină roșie

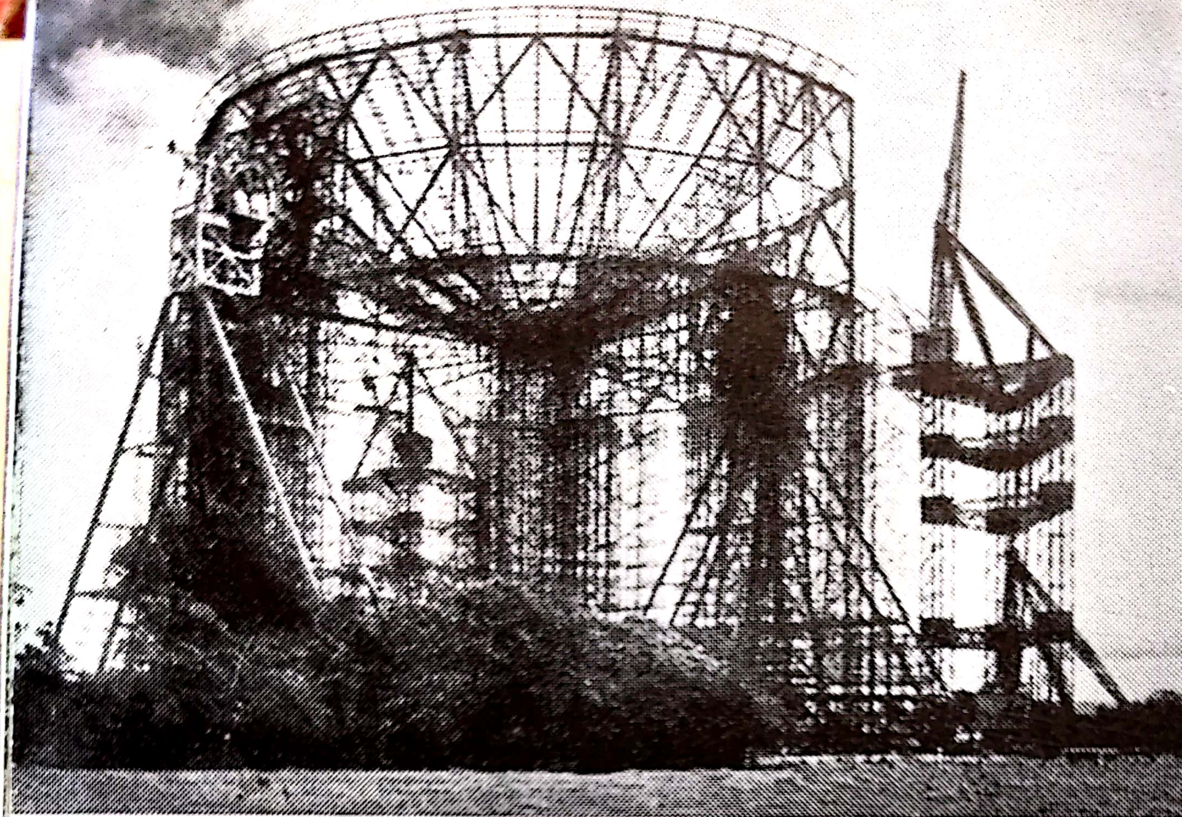




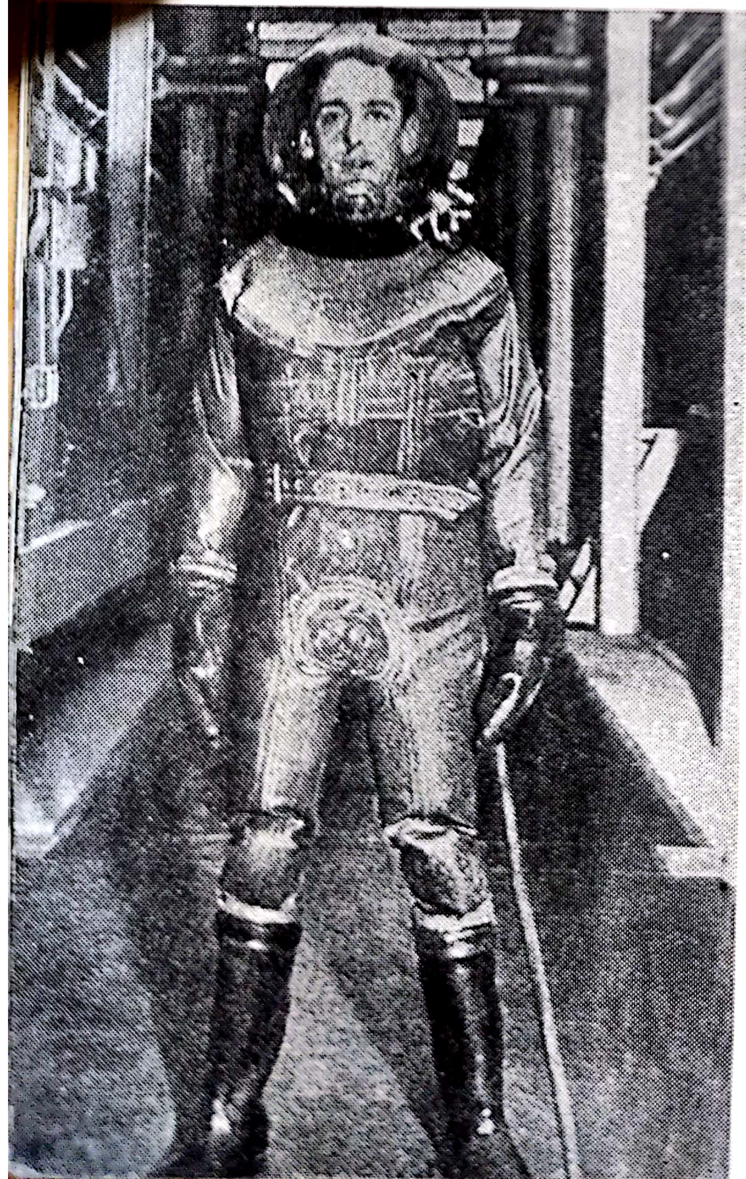
Galaxie uriaşă în constelaţia Fecioara, sursă puternică de radiaţii radio. Snopul de lumină care ţîşneşte din centrul galaxiei este emis de electroni rapizi, care traversează un cîmp magnetic (Lumină cu spectru continuu, numită lumină sincrotronică). Snopul este de o sută de ori mai mare ca nebuloasa Crabului.



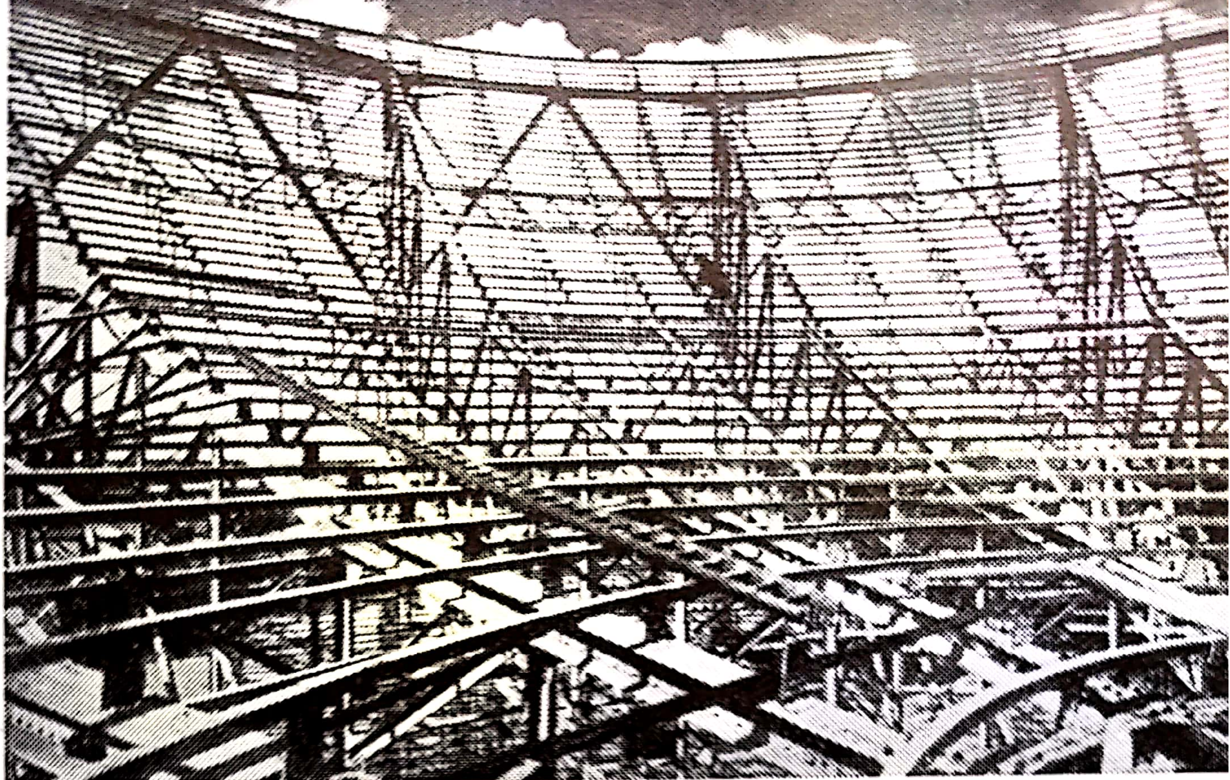
Formă de galaxie spirală, obţinută în urma traversării unui cîmp magnetic, *(perpendicular pe planul figurii)* de către fragmente de plasmă, provenite dintr-un *„tun de plasmă"*



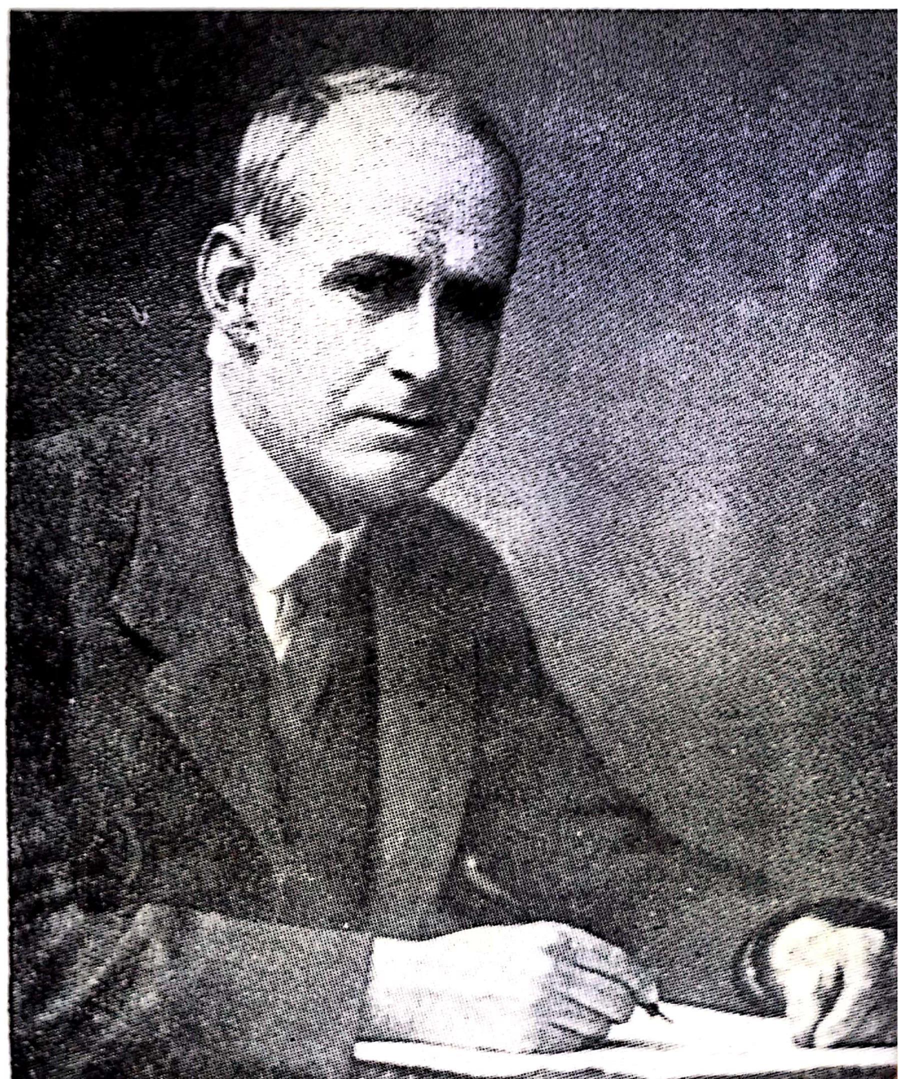
Radiotelescopul Universității din Manchester, în construcție



„Cavaler al erei atomice“ – în zale de plastic, împotriva radiațiilor

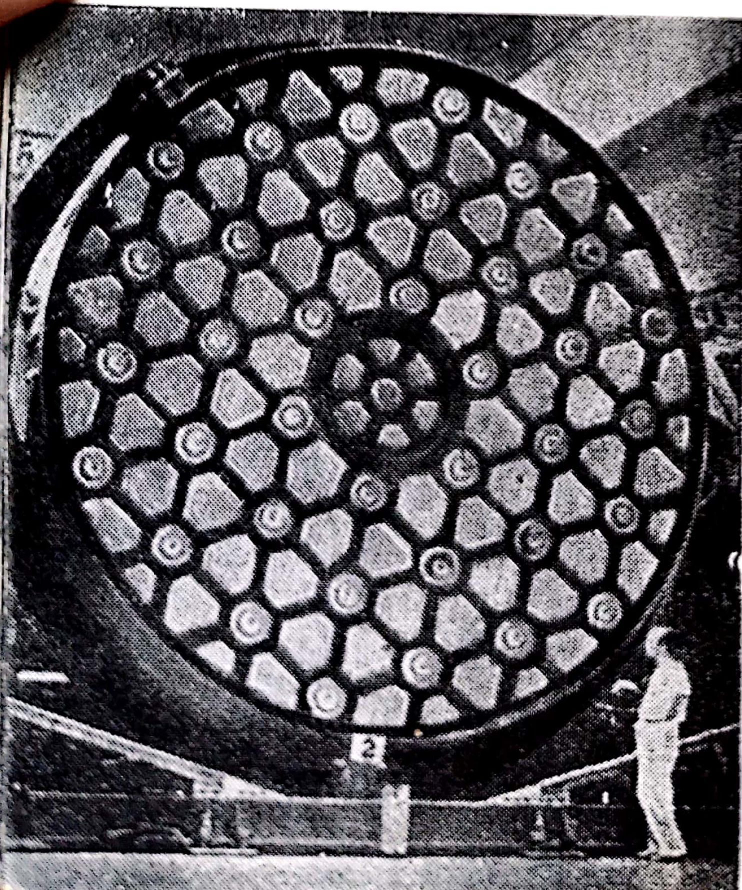


Detalii din oglinda parabolică *(cu diametru de 76 m)* a radiotelescopului Universității din Manchester

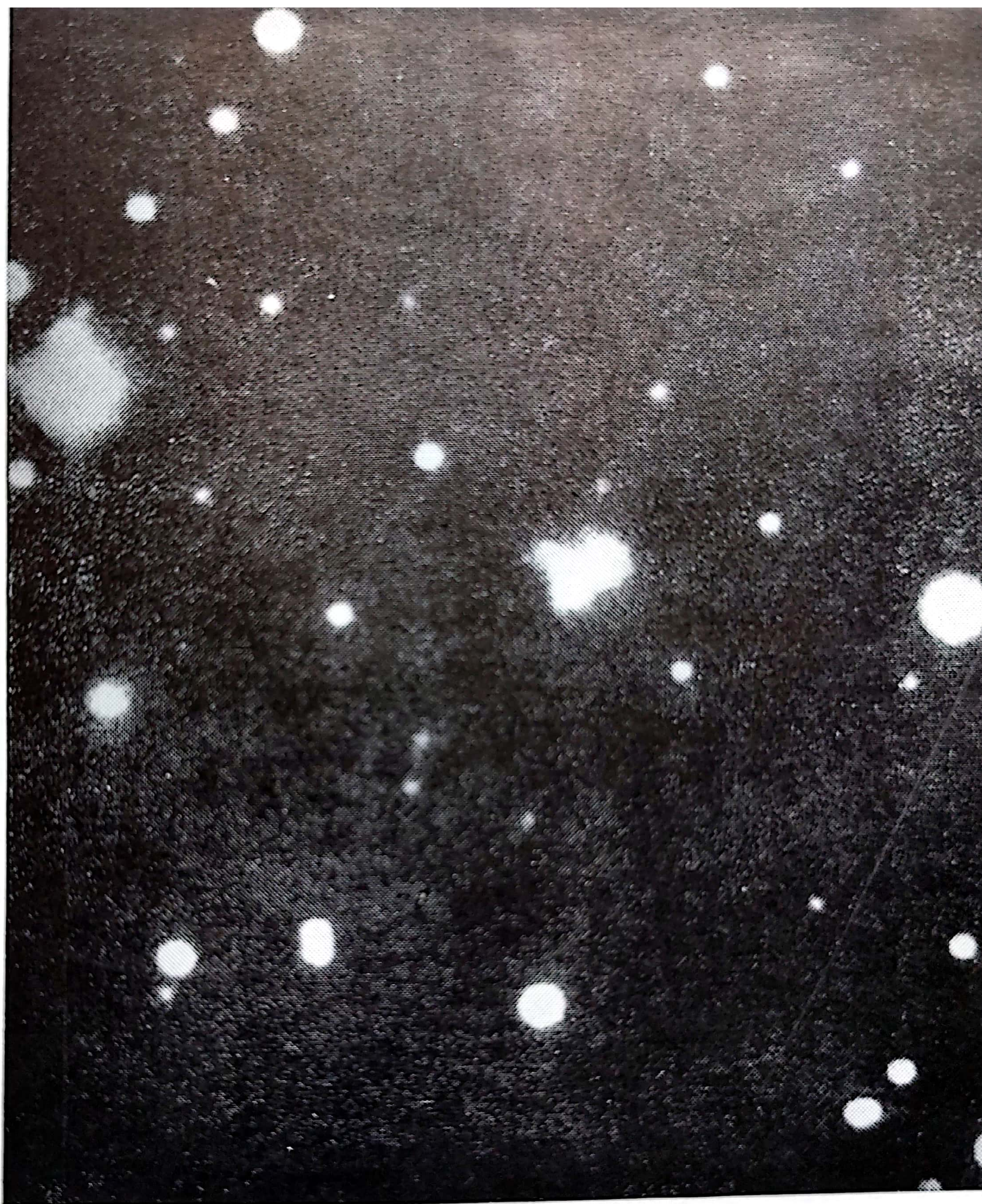


Arthur Eddington

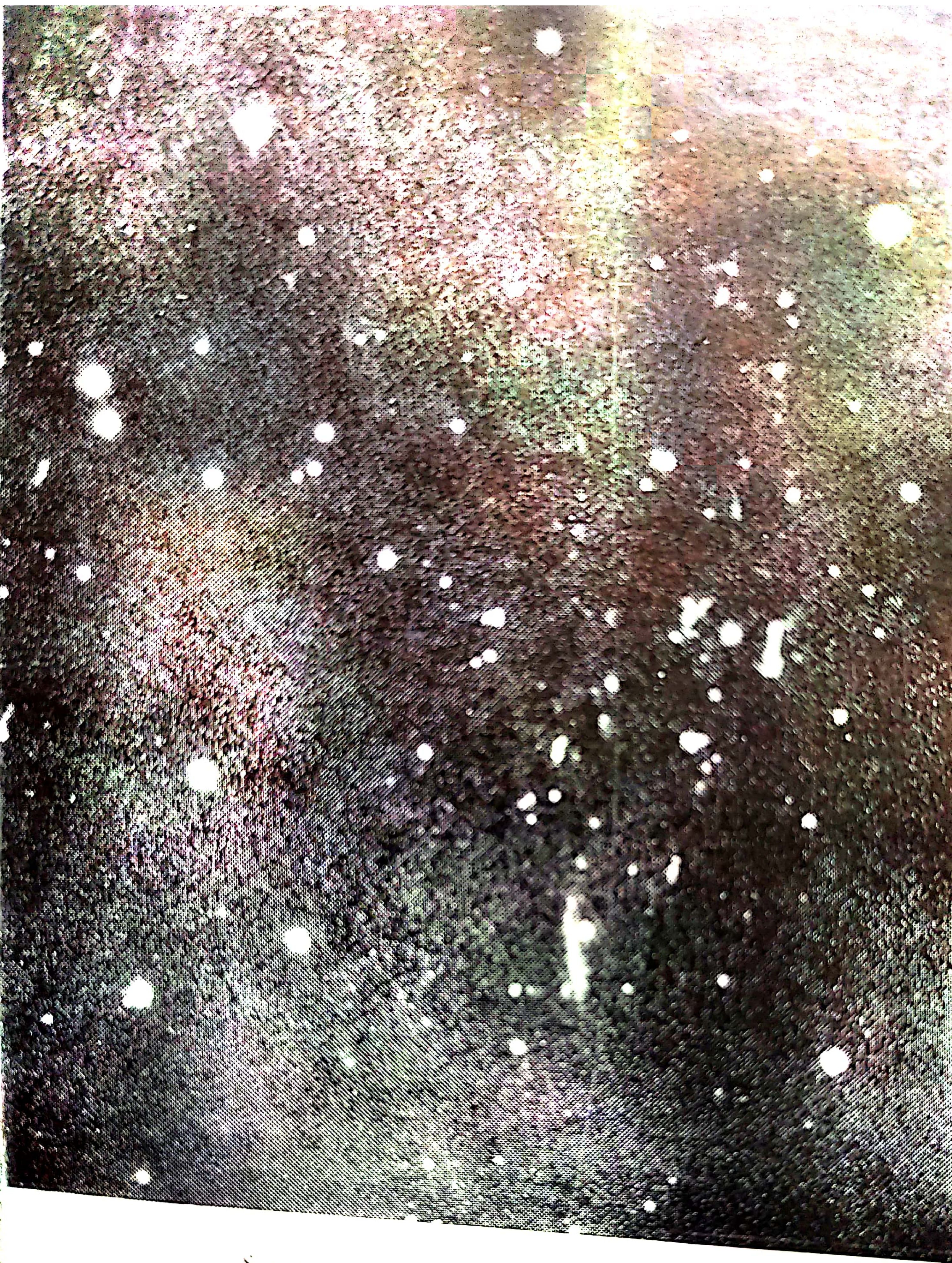
Telescopul de pe Muntele Palomar



Oglinda telescopului Palomar *(cu diametru de 5 m)*



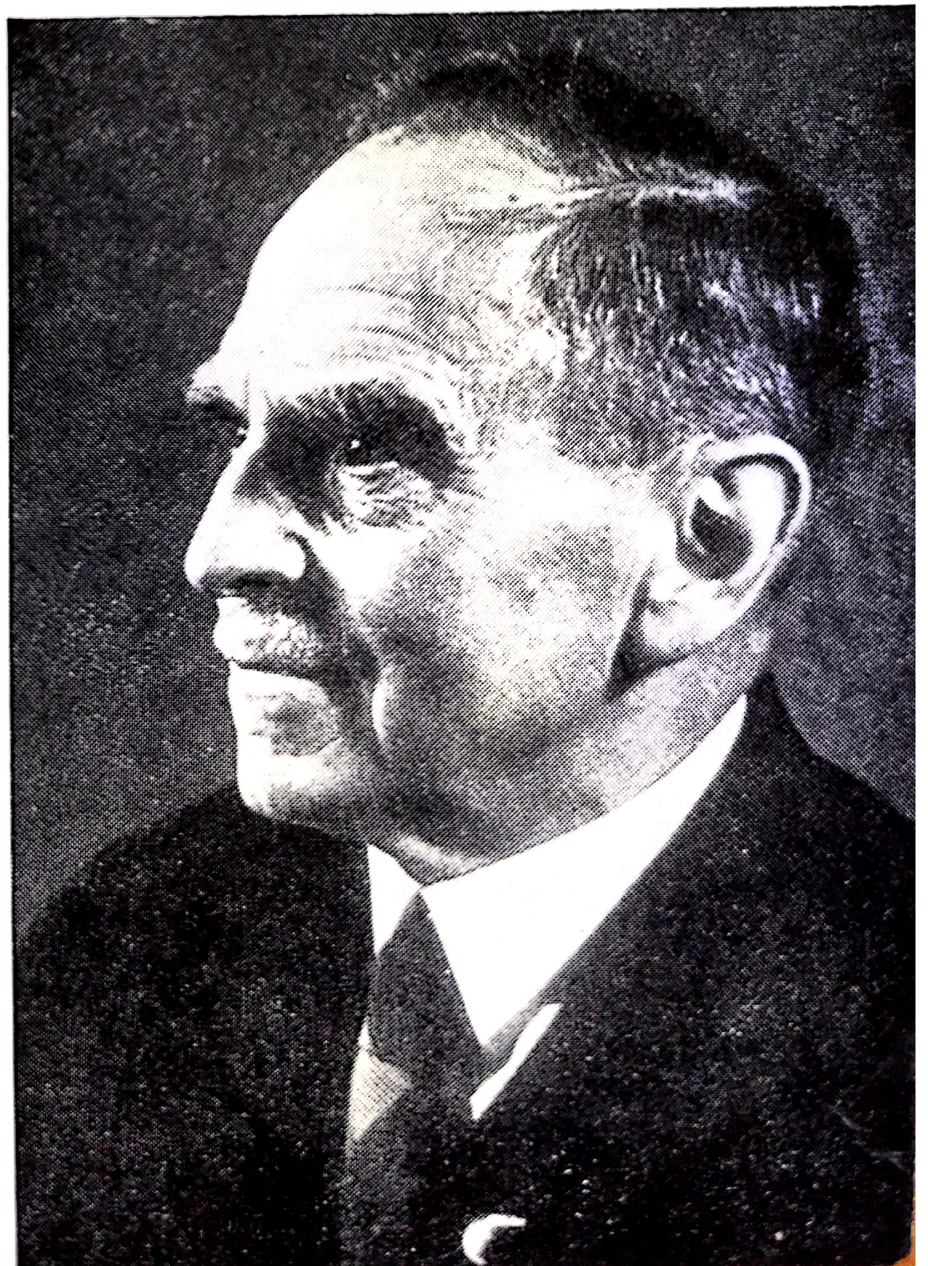
Ciocnirea a două galaxii în constelația Lebăda, sursă de puternice radiații radiofonice



Sursa [illegible] onstelați



Wolfgang Pauli

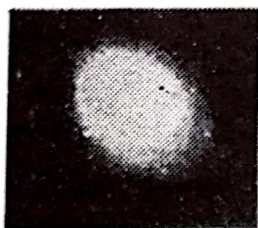


Otto Hahn

Harta globului, cu atolul Bikini, după H. J. Bhabha şi Khanalkar



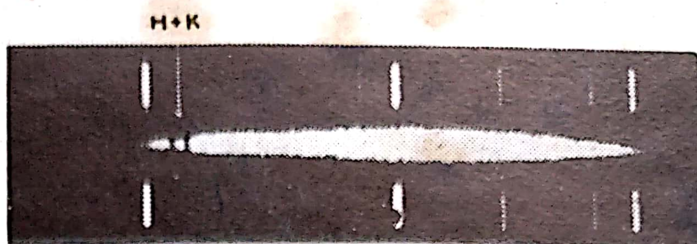
„Filozofia conduce Cercetarea Naturii“, imagine alegorică de pe frontispiciul cărții *Arcana Naturae detecta ab Antonio van Leewenhoek (Secretele naturii dezvelite de Antonius Leewenhoek, 1695)* în care autorul expune rezultatele observațiilor sale efectuate cu microscopul. „Regina Științelor, *Filozofia* arată cu sceptrul său *Natura*, acoperită încă recent cu văl, acum însă devenită vizibilă. În fața ei se găsesc diverse făpturi ale *Naturii*; originea și reproducția acestora *Cercetarea* le contemplează cu ajutorul unor ochelari. *Sîrguința* zîmbitoare trage către *Cercetarea*, *Eroarea* șchioapă, cu ochii legați și cu urechi urîte de măgar. Trei inși, care deși se intitulează filozofi – un evreu superstițios, un creștin peste măsură de credul și în fine un păgîn din școala lui Aristotel *(purtînd pe umerii săi simbolul calităților oculte)* nu reușesc totuși să ajungă pînă la pragul pe care stă însăși *Adevărul*, inaccesibil oricărei seducții, călcînd în picioare *Invidia* îngrozitoare. Lumina divină a lui Leewenhoek se revarsă din ceruri.“



VIRGO

Distanta în ani-lumină

22 milioane

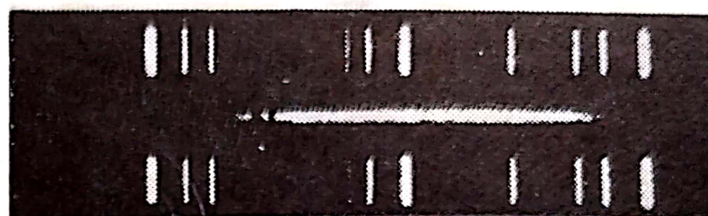


Viteza de îndepărtare : 1 200 km/s



URSA MAJOR

300 milioane

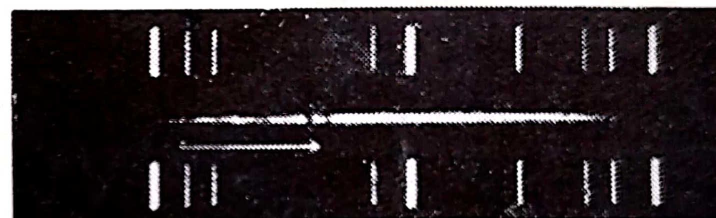


16 000 km/s



CORONA BOREALIS

400 milioane

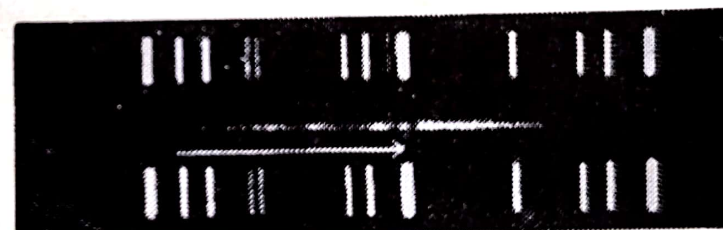


21 500 km/s



BOOTES

700 milioane

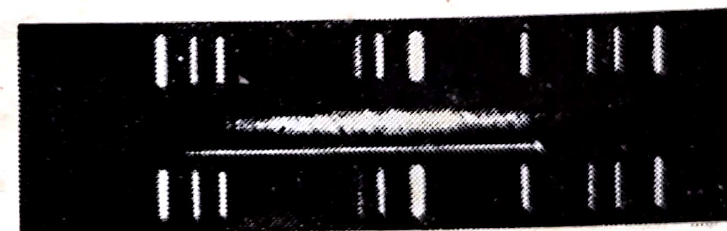


39 000 km/s



HYDRA

1 100 milioane



61 000 km/s

Spectrele provenite din galaxii arată deplasarea către roşu a liniilor H şi K *(ale calciului ionizat)*, în raport cu depărtarea. La stînga, imaginile optice ale unor galaxii fotografiate cu telescopul de pe Muntele Palomar; la dreapta, spectrele aceloraşi galaxii. Săgeata verticală, de la extremitatea superioară a planşei, indică poziţia normală a liniilor H şi K, pe un spectru luat ca reper. Săgeţile orizontale marchează deplasarea succesivă a liniilor H şi K. (Recent, deplasarea liniilor spectrale a fost confirmată şi prin metode radioastronomice, pe lungimea de undă de 21 cm. Rezultatele radioastronomice sînt în deplină concordanţă cu rezultatele măsurătorilor optice).

În această colecție au mai apărut:

Atanasiu L. M.
Mecanica pentru tineret
Băneanu Al.
Secretul inventatorilor
Fabre J. H.
Din lumea insectelor
Hodakov I.
Povestiri despre substanțe invizibile
Iosub B.
Omul constructor
Racoviță Em.
Spre Sud
Tăutu P.
In luptă cu microbii
Todericiu D.
Masele plastice
Șarf I. - Voiculeț N.
Atomul în slujba vieții